



# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

با رویکرد پیش بینی و اطلاع رسانی

۲۲ و ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۶

سالن همایش های راه آهن جمهوری اسلامی ایران

**5TH** [WWW.IFMC.IR](http://WWW.IFMC.IR)  
13-14 November 2017  
**COMPREHENSIVE CONFERENCE ON**  
**FLOOD** **ENGINEERING**  
**AND**  
**MANAGEMENT**

مجموعه مقالات کنفرانس



بِسْمِ اللَّهِ  
الرَّحْمَنِ  
الرَّحِيمِ





۲۲ و ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۶ / سالن همایش‌های  
 راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
 با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی



پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

**5TH** [WWW.IFMC.IR](http://WWW.IFMC.IR)  
 13-14 November 2017  
 COMPREHENSIVE CONFERENCE ON  
**FLOOD** ENGINEERING  
 AND MANAGEMENT

کد اختصاصی ثبت همایش در  
 پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

مجموعه مقالات کنفرانس





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

## عنوان: مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

تهیه و تنظیم: مهندس نیما جهادی (دبیر کنفرانس)

نوبت و تاریخ چاپ: اول / پاییز ۱۳۹۶

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۰۴-۹۰۰۲-۷



تهیه شده در دپارتمان آموزش شرکت کیمیاخردپارس

[www.kimiakherad.ir](http://www.kimiakherad.ir)

تهران، شهرک دانشگاه صنعتی شریف، خیابان همدان، نبش بهار شرقی، پلاک ۳۶

صندوق پستی: ۳۳۹-۱۴۶۶۵

سالن همایش های راه آهن جمهوری اسلامی ایران ♦♦♦  
۲۲ و ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۶  
[info@ifmc.ir](mailto:info@ifmc.ir)  
[www.ifmc.ir](http://www.ifmc.ir)



## «معرفی کنفرانس»

رویاریایی با بحران‌های محیط شهری یکی از موضوعاتی است که بیشتر شهرها با آن روبرو هستند ویژگی‌ها و شرایط حاکم بر فضای شهری و تراکم سرمایه‌گذاری‌های محیطی، توجه به برنامه‌ریزی مناسب پیرامون مصونیت شهرها را ضروری ساخته است سیل به‌عنوان یکی از بلایا، سالانه حدود ۹۰ میلیون نفر در بیش از ۱۹۶ کشور در معرض خطر آن قرار دارند. حدود یکصد و هفتاد نفر بوسیله سیل‌هایی که در کل دنیا در حدود سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۷۰ اتفاق افتاده است کشته شده‌اند. سیلاب خطری است که مردم بسیاری از کشورها با آن مواجه بوده و در کل سیطره جهان به‌عنوان یکی از شدیدترین بلاها در میان ۱۵ نوع از بلایای طبیعی شناخته شده است.

با گسترش و توسعه روز افزون شهرها و افزایش دامنه فعالیت‌های شهری، حريم رودخانه‌ها، مسيل‌ها و آبراهه‌هایی که از داخل محدوده شهرها، به‌ویژه شهرهای بزرگ و کلان شهرها عبور می‌کنند همواره در معرض خطر تغییر و تحول‌های غیرمهندسی و غیرفنی قرار دارد. خطرات و خسارات ناشی از چنین تغییراتی در هنگام بارندگی‌های وسیع و وقوع سیل بسیار زیاد بوده و موجب ایجاد صدمات گاه جبران‌ناپذیری به تأسیسات شهری و مسکونی و جان و مال شهروندانی می‌شود که به نحوی با این آبراهه‌ها ارتباط دارند. کشور ایران جزء ۱۰ کشور اول دنیا به لحاظ تنوع و حجم وسیع خسارات ناشی از وقوع حوادث قهری بوده که سالیانه بخش بزرگی از سرانه تولید ناخالص ملی صرف بازسازی و بازتوانی خسارات ناشی از وقوع حوادث قهری می‌گردد.

از مهمترین حوادث قهری در کشور سیل می‌باشد که بدلیل شرایط خاص جغرافیائی کشور در اغلب نقاط با بروز ناپایداری‌های جوی با مشکلات سیل روبرو می‌باشد. بنابر گزارش رئیس سازمان زمین‌شناسی کشور ۳۵۰ شهر ایران در معرض خطر سیل قرار دارند. از آنجاییکه بروز این پدیده مخرب در شهرهای کشور همه‌ساله موجب ایجاد صدمات گاه جبران‌ناپذیری به تأسیسات شهری، راه‌ها، منازل، اراضی زراعی، باغات، تلفات انسانی و ... می‌شود، برگزاری سمینارها و همایش‌های علمی به منظور هم‌اندیشی و تبادل دانش متخصصین عرصه‌های هیدرولوژی، هیدرولیکی، مهندسی رودخانه، اقلیم‌شناسی، شهرسازی، مدیریت شهری، مدیریت بحران و بیمه و ...، به منظور ایجاد الگوی بهینه برای پیشگیری، مدیریت حین بحران و جبران خسارات وارده، امری مفید و اثرگذار به نظر می‌رسد.





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

### «اهداف کنفرانس»

- ارتقاء توسعه و ترویج دانش مدیریت و مهندسی سیلاب
- تعامل و تبادل تجارب پژوهشگران و متخصصین حوزه سیلاب پیرامون توسعه و بکارگیری تکنیک‌های نوین مدیریت، مهندسی و همزیستی با سیلاب
- شناخت نقاط ضعف و کاستی‌های مواجهه با سیلاب در حوزه‌های دانشی و عملیاتی
- معرفی آخرین دستاوردها و تجربیات پژوهشی و کاربردی در زمینه‌های مختلف حوزه سیلاب



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir ♦ info@ifmc.ir



## «محورهای کنفرانس»

### ۱) خدمات مهندسی برای مدیریت سیلاب

- مدل سازی سیلاب در حوضه های آبریز کوچک و کوهستانی
- کاهش مخاطرات سیل در چارچوب مهندسی رودخانه و اقدامات سازه ای هدایت، کنترل و مدیریت سیلاب
- شبیه سازی، کنترل و هدایت سیلاب های واریزه ای
- شبیه سازی شکست سد و مدل سازی ریسک آن
- رویکردهای نوآورانه مدیریت سیلاب
- سیلاب و اثرات زیست محیطی آن
- اثرات سیل بر زیرساخت های حمل و نقل
- سیلاب و راه های کاهش خسارت برپل ها
- مدیریت بهینه مخازن سدها در کاهش ریسک خسارت سیلاب
- مدیریت کیفیت آب در شرایط سیلاب
- فناوری های نوین سنجش ویژگی های کمی و کیفی سیلاب
- روش های مدل سازی و تخمین خسارت سیل

### ۲) اثر تغییرات اقلیمی و انسانی بر سیلاب

- ارزیابی اثر تغییرات اقلیمی گذشته و آینده بر مشخصات سیلاب
- راهکارهای افزایش ظرفیت رودخانه ها برای مدیریت سیلاب در شرایط تغییر اقلیم و تطابق با ریسک سیلاب
- ارزیابی سهم دستکاری های انسانی در حوضه های آبریز بر تواتر و شدت سیلاب ها
- روش های تحلیل آماری سیلاب در شرایط تغییرات محیطی





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

### ۳) سیل از منظر حکمرانی آب

- جایگاه مدیریت سیل در رویکرد مدیریت جامع منابع آب
- آموزش، آگاهی‌رسانی و فرهنگ‌سازی و نقش آن‌ها در مدیریت سیلاب
- ارزیابی ساختار مدیریت سیلاب کشور
- بیمه و مدیریت ریسک سیلاب
- ارزیابی اثرات اجتماعی، اقتصادی و سیاسی سیلاب
- راهکارهای ارتقاء مشارکت اجتماعی در مدیریت سیلاب
- نقش سازمان‌های مردم‌نهاد در مدیریت سیلاب
- چارچوب‌های حاکمیتی برای مدیریت ریسک سیلاب
- نقش برنامه‌ریزی منطقه‌ای و شهری در کاهش مخاطرات سیلاب

### ۴) پیش‌بینی و پیش‌هشدار سیلاب

- تجارب موفق و ناموفق ملی و بین‌المللی در زمینه پیش‌بینی و هشدار سیلاب
- کاربرد مدل‌های پیش‌بینی بارش و رواناب در مدیریت سیلاب
- پیشرفت‌های علمی و فناوری در ابزارهای پایش و پیش‌هشدار سیل
- راهکارهای اشتراک سریع اطلاعات مربوط به سیلاب برای کاهش تلفات



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦♦♦  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir ♦♦♦ info@ifmc.ir



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

## ساختار کنفرانس

### ۱) اعضای شورای راهبردی کنفرانس

- مهندس سیف‌اله آقاییگی (مدیرکل مدیریت بحران و پدافند غیرعامل شرکت مدیریت منابع آب ایران - رئیس شورا)
- مهندس بهمن احمدی توانا (مدیر آموزش‌های کوتاه مدت پژوهشگاه سوانح طبیعی)
- مهندس جلال جهانبخشی (معاون دفتر مدیریت بحران و پدافند غیرعامل وزارت نیرو)
- مهندس نیما جهدی (مدیرعامل شرکت کیمیاخردپارس)
- دکتر رضا روزبهانی (مدیر پژوهشگاه مطالعات و تحقیقات منابع آب موسسه تحقیقات آب وزارت نیرو)
- مهندس سیدرضا موسوی (مسئول بخش سیلاب مرکز تدوین مقررات، ایمنی حمل و نقل، پدافند غیرعامل و مدیریت بحران وزارت راه و شهرسازی)

### ۲) برگزارکنندگان: وزارت نیرو، وزارت راه و شهرسازی، پژوهشگاه سوانح طبیعی، شرکت مدیریت منابع آب و دبیرخانه دائمی کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

### ۳) راهبری علمی: موسسه تحقیقات آب وزارت نیرو

### ۴) متولی و مجری برگزاری: شرکت کیمیاخردپارس





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

### ۴) اعضای کمیته علمی کنفرانس (به ترتیب حروف الفبا):

جناب آقای مهندس بهمن احمدی توانا: پژوهشکده سوانح طبیعی

جناب آقای دکتر عباس استاد تقی‌زاده: جمعیت هلال احمر ایران

جناب آقای دکتر مرتضی افتخاری: مؤسسه تحقیقات آب

جناب آقای دکتر کامران امامی: شرکت مهندسان مشاور کریت کارا

جناب آقای دکتر پرویز ایران‌نژاد: موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

سرکارخانم دکتر حنیفه ایمانیان: دانشگاه الزهرا

سرکارخانم دکتر پروانه پیشنمازی: دانشگاه آزاد اسلامی

جناب آقای دکتر سید اویس ترابی: مهندسان مشاور مه‌ساب شرق

جناب آقای دکتر بهرام ثقفیان: دانشگاه آزاد اسلامی

سرکارخانم مهندس غزال جعفری: شرکت مدیریت منابع آب ایران

جناب آقای دکتر محمدتقی دستورانی: دانشگاه فردوسی مشهد

جناب آقای دکتر جعفر دستورانی: دانشگاه سمنان

جناب آقای دکتر باقر ذهبیون: دانشگاه علم و صنعت ایران

جناب آقای دکتر رضا روزبهانی: مؤسسه تحقیقات آب

جناب آقای دکتر عباس روزبهانی: دانشگاه تهران

جناب آقای دکتر بهزاد روزخشی: شرکت مدیریت منابع آب ایران

جناب آقای دکتر مهدی زارع: پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

جناب آقای دکتر محمدجواد زارعیان: مؤسسه تحقیقات آب

سرکارخانم دکتر بنفشه زهرایی: دانشگاه تهران

جناب آقای مهندس علیرضا سعیدی: سازمان مردم‌نهاد موج پیشرو

جناب آقای دکتر شاهین شعبانی: دانشگاه پیام نور

جناب آقای دکتر مهدی شفقتی: سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور

جناب آقای دکتر حمیدرضا صفوی: دانشگاه صنعتی اصفهان

جناب آقای دکتر داودرضا عرب: موسسه پژوهشی مهندسی راهبرد دانش پویا



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦ info@ifmc.ir ♦  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



جناب آقای دکتر شاهرخ فاتح: مرکز ملی خشکسالی

جناب آقای دکتر محمدعلی فتاحی اردکانی: سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور

جناب آقای دکتر اشکان فرخ‌نیا: موسسه تحقیقات آب

جناب آقای دکتر شروین فقیهی‌راد: مؤسسه تحقیقات آب

جناب آقای دکتر عزت‌اله قنوتی: دانشگاه خوارزمی

سرکارخانم دکتر فاطمه کاراندیش: دانشگاه زابل

جناب آقای دکتر عبدالرضا کریمی: دانشگاه صنعتی قم

جناب آقای دکتر امان محمد کلتی: دانشگاه گیلان

جناب آقای دکتر محمودرضا کی‌منش: دانشگاه پیام نور

جناب آقای دکتر پرویز گرشاسبی: سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور

جناب آقای دکتر سعید گیوه‌چی: دانشگاه تهران

جناب آقای دکتر زهیر متکی: دانشگاه شهید بهشتی

جناب آقای دکتر امیر محبوب: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

جناب آقای دکتر مجید محمدی: دانشگاه سمنان

جناب آقای دکتر سعید مرید: دانشگاه تربیت مدرس

جناب آقای دکتر علیرضا مساح: دانشگاه تهران

جناب آقای دکتر ابوالفضل مساعدی: دانشگاه فردوسی مشهد

جناب آقای دکتر سید محمدهادی مشکاتی: موسسه تحقیقات آب

جناب آقای دکتر شریف مطوف: دانشگاه شهید بهشتی

جناب آقای مهندس سیدرضا موسوی: وزارت راه و شهرسازی

جناب آقای دکتر مجتبی نوری: شرکت مدیریت منابع آب ایران

جناب آقای دکتر مهدی وفاخواه: دانشگاه تربیت مدرس

جناب آقای دکتر بیژن یاور: دانشگاه علامه طباطبائی

جناب آقای دکتر محمدرضا یزدانی: دانشگاه سمنان





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

حامیان و مشارکت‌کنندگان (از ابتدا تا کنون)



شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور



کمیسیون ملی یونسکو - ایران



سازمان حفاظت محیط زیست



سازمان مدیریت بحران کشور



برنامه اعلان بشری متحد ایران



کرسی یونسکو در مدیریت سوانح طبیعی



دبیرخانه نشست  
شهوداران کلانشهرها



سازمان جنگل‌ها، مراتع  
و آبخیزداری کشور



سازمان هواشناسی کشور



دانشگاه صنعتی اصفهان



دانشگاه اصفهان



دانشگاه خوارزمی



دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی



دانشگاه صنعتی امیرکبیر



دانشگاه شهید بهشتی



دانشگاه تهران



دانشگاه صنعتی کرمانشاه



دانشگاه شهید چمران اهواز



گروه جغرافیا دانشگاه ادبیات  
و علوم انسانی دانشکده ادبیات  
و علوم انسانی دانشکده ادبیات



دانشگاه بوعلی سینا



دانشگاه الزهرا



دانشگاه صنعتی سهند



کرسی یونسکو در مدیریت آب  
و محیط زیست برای شهرهای پایدار



دانشگاه لرستان



دانشگاه صنعتی  
جندی شاپور درفول



دانشگاه زابل



دانشگاه یزد



دانشگاه بجنورد



دانشگاه بیرجند



دانشگاه بیرجند



دانشگاه صنعتی قم



دانشگاه سمنان



دانشگاه کردستان



دانشگاه بوشهر



پردیس اهورامزدا دانشگاه تهران



دانشگاه ایلام



دانشگاه شهید مدنی آذربایجان



انجمن  
اعداد ایران



موسسه  
پیشرو



موسسه مطالعات و  
پژوهش‌های ایران



موسسه مطالعات و  
پژوهش‌های ایران



مهندسان مشاور مهاباد شرق



مرجع دانش سبویکا



دانشگاه گیلان

سازمان همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۳  
www.ifmc.ir ♦ info@ifmc.ir



## پیام مهندس مهرداد تقی‌زاده

موقعیت کشور ایران و گستردگی آن باعث شده مستعد وقوع بلایای طبیعی از جمله سیلاب باشد که سالانه به زیرساخت‌های حمل و نقل از جمله پل‌ها و شریان‌های حیاتی، خسارات فراوانی وارد می‌کند. این خسارت مالی زمانی که با خسارات جانی توأم می‌شود جبران‌ناپذیر خواهد بود. شبکه راه‌های کشور نیز دارای گستردگی زیادی بوده و بسیاری از نقاط مختلف کشور با تنوع آب و هوایی مختلف را پوشش می‌دهد به طوری که بسیاری از خطوط حمل و نقل جاده‌ای کشور از مناطق جغرافیایی در معرض خطر سیل عبور می‌کنند و از آسیب‌پذیری نسبتاً بالایی در برابر خطر بالقوه سیل برخوردار هستند. بنابراین لزوم توجه خاص به ورود مدیریت بحران در حوزه مدیریت سیلاب اجتناب‌ناپذیر است.

در این راستا مرکز تدوین مقررات، ایمنی حمل و نقل، پدافند غیرعامل و مدیریت بحران معاونت حمل و نقل وزارت راه و شهرسازی به منظور ایجاد هماهنگی در مقوله پیش‌بینی سیل و طوفان (امور مربوط به سازمان هواشناسی)، آمادگی، مقابله و بازسازی (امور مربوط به شرکت ساخت و توسعه زیربناهای حمل و نقل کشور، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران، معاونت معماری و شهرسازی)، اقدام به همکاری در برگزاری پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب نمود. هدف اصلی این کنفرانس بحث روی راهکارهای پیش‌بینی دقیق‌تر به لحاظ زمانی و مکانی و شناسایی و معرفی شیوه‌های پیشگیری و ... می‌باشد.

## مهرداد تقی‌زاده

معاونت حمل و نقل وزارت راه و شهرسازی و ریاست کارگروه تخصصی حمل و نقل، شریان‌های حیاتی، بلایای جوی و طوفان



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



### پیام مهندس سیف‌اله آقابیگی

روند افزایشی تعداد وقوع پدیده سیلاب و خسارات جانی و مالی ناشی از آن زنگ خطری برای مسئولین و تصمیم‌گیران مدیریت بلایای طبیعی کشور می‌باشد تا هر چه سریعتر با تغییر استراتژی‌های مدیریت بلایای طبیعی، از مدیریت بحران به مدیریت ریسک، این وضعیت را بهبود بخشند. موضوع مدیریت سیلاب، مبحثی فراسازمانی و ملی است که براساس قوانین و مقررات کشورهای مختلف، مسئولیت‌های آن متوجه بخش‌های مختلف می‌باشد. در کشور ما بیش از ده ارگان در موضوع مدیریت سیلاب و بحران‌های ناشی از آن، دارای مسئولیت‌های قانونی از پیش تعریف شده‌ای قبل، حین و پس از وقوع سیلاب هستند که ضرورت دارد با هماهنگی سازمان مدیریت بحران کشور نسبت به اجرای آن‌ها اقدام نمایند.

در این راستا وزارت نیرو به منظور تعیین تکالیف و مسئولیت‌های مدیریت جامع سیلاب اقدام به تهیه سند ملی تحت عنوان نظام‌نامه مدیریت سیلاب نموده است که تعریف و تفکیک و نحوه انجام مسئولیت‌ها و شفاف‌سازی روابط میان متولیان و ذی‌مدخلان موضوع مدیریت سیلاب در مجموعه وزارت نیرو در سه مقطع زمانی "قبل از صدور پیش‌آگاهی"، "از پیش‌آگاهی تا پایان رخداد سیل" و "پس از فروکش نمودن سیل" به تفکیک مشخص نموده است. با توجه به اهمیت موضوع مدیریت و مهندسی سیلاب، این کنفرانس در نظر دارد با مشارکت وزارتخانه‌ها، سازمان‌ها، ارگان‌ها و مراکز علمی و پژوهشی و ... با تکیه بر تجارب موفق داخلی و بین‌المللی در زمینه مدیریت سیلاب گامی مؤثر در برنامه‌ریزی، فرهنگ‌سازی، آموزش و مدیریت جامع سیلاب با رویکرد کاهش خسارات و مخاطرات بردارد.

### سیف‌اله آقابیگی

مدیرکل دفتر مدیریت بحران و پدافند غیرعامل شرکت مدیریت منابع آب ایران و رئیس کارگروه فرعی تخصصی سیل، مخاطرات دریایی و آب



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦♦♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۱۳۹۶ و ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



وزارت نیرو



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



## پیام مهندس سید عباس جزایری

خسارات سیلاب به عنوان یکی از مهم‌ترین بلایای طبیعی در کشور در دهه‌های اخیر روند افزایشی داشته است. افزایش جمعیت و دارایی‌ها در سیلاب دشت و در نتیجه افزایش فعالیت‌های انسانی و همچنین احتمالاً تغییرات هیدروسیستم‌ها از دلایل عمده این روند می‌باشد. رودخانه‌های شهری به عنوان مرکز وقوع سیل دارای مسائل و مشکلات عمده‌ای می‌باشند که یکی از مهم‌ترین این مشکلات محدود شدن رودخانه به ناوه اصلی آن و ساخت و ساز در محدوده سیلابدشت می‌باشد. آنچه که به این مسئله اهمیت می‌بخشد افزایش ریسک سیلاب با کاهش محدوده عبور آن در سیلابدشت رودخانه‌های شهری می‌باشد. امروزه استفاده از تحلیل ریسک و تصمیم‌گیری چند منظوره براساس ریسک به عنوان ابزاری مناسب برای مدیریت سیلاب دشت مورد توجه قرار گرفته است.

امروزه مدیریت مبتنی بر ریسک یکی از راهکارهای ارائه شده برای مقابله با تأثیر بلایای طبیعی و به خصوص سیل می‌باشد. واژه ریسک امروزه دارای معانی گسترده و ابعاد چندگانه‌ای است که به موضوعات ایمنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی وابسته است. به علت تفاوت فرهنگ‌ها و سخت‌افزارها در مناطق مختلف تعاریف متفاوتی از ریسک در تحقیقات محققین به چشم می‌خورد و در نتیجه مدیریت بر مبنای ریسک نیز دارای تعاریف متفاوتی می‌باشد. هدف مدیریت ریسک سیل آن است که با توجه به مکان و زمان وقوع سیلاب و راهکارهای در اختیار شرایط موجود تصمیم‌گیرندگان بهترین و مؤثرترین روش برای کاهش خسارت سیل را در نظر بگیرند. در مدیریت ریسک سیلاب بالا بردن قوه درک عمومی جامعه توسط تصمیم‌گیرندگان از طریق آموزش به اندازه انتخاب صحیح روش‌های سخت‌افزاری کنترل و کاهش خسارت سیل دارای اهمیت می‌باشد. بنابراین به نظرمی‌رسد در طرح‌های مطالعاتی کاهش خسارت سیل همکاری محققین علوم اکولوژی، مهندسی آب، اقتصاد و علوم اجتماعی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

سید عباس جزایری

دبیرکل کنفرانس و

رئیس پژوهشکده سوانح طبیعی



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



### پیام دکتر مرتضی افتخاری

در سال‌های اخیر به دلایل مختلفی از جمله تغییرات اقلیمی، تغییرات کاربری اراضی در حوضه‌های آبریز رودخانه‌ها و همچنین تجاوزات انسانی به حریم و بستر رودخانه‌ها، رژیم سیلاب در سطح کشور دستخوش تغییراتی گردیده و خطرات ناشی از آن در بسیاری از مناطق افزایش یافته است. در شرایط فعلی، دور کردن مردم و اموال منقول ایشان از مناطق در معرض سیلاب یکی از راهکارهای در دسترس، ساده و اقتصادی کاهش پیامدهای بحران سیلاب است. در این راستا علاوه بر هماهنگی مسئولانه همه دستگاه‌های دخیل در این امر، ضروری است جهت اجرای کامل فرآیند مدیریت سیل از پیش‌بینی تا برگشت به شرایط عادی، بسترهای اقتصادی، سیاسی و اجتماعی لازم نیز آماده شود.

امروزه پیشرفت‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری در علم مهندسی آب و هواشناسی، موجب توسعه مداوم مدل‌های پیش‌بینی آب و هوا و فراهم شدن منابع اطلاعاتی متنوع و بهنگام (نظیر رادارهای هواشناسی و تصاویر ماهواره‌ای) گردیده و احتمال رخداد بارش‌های حدی و سیلاب‌های ناشی از آن چند روز قبل از وقوع قابل پیش‌بینی می‌باشد. در کنار این دستاوردهای فنی-مهندسی جدید، توسعه رسانه‌های جمعی و شبکه‌های مجازی در کشور، ظرفیت جدیدی برای اطلاع‌رسانی سریع و ارائه آموزش‌های لازم به مردم و ارتقاء دانش عمومی را فراهم آورده است.

در این کنفرانس در نظر است تا در کنار طرح موضوعات مختلف مرتبط با مهندسی و مدیریت سیلاب، پیش‌بینی و هشدار وقوع سیلاب و همچنین نقش آموزش و اطلاع‌رسانی، به‌عنوان دو نیاز ضروری کشور جهت ارتقای مدیریت سیلاب و کاهش خسارات ناشی از آن، به بحث و گفتگو گذاشته شود تا بستر مناسبی برای برنامه‌ریزی فعالیت‌های علمی و اجرایی آینده فراهم گردد. امید است این کنفرانس گام کوچکی در جهت گسترش تعاملات نزدیک و چهره به چهره برنامه‌ریزان، متصدیان، مجریان و فعالان امر مدیریت سیلاب در ایران اسلامی باشد.

مرتضی افتخاری

دبیر علمی کنفرانس و رئیس موسسه تحقیقات آب



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦ info@ifmc.ir ♦  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir





## پیام مهندس نیما جهدی

در دنیای امروز، مرزهای علم با سرعتی باورنکردنی در حال گسترش است. استفاده از ماهواره‌ها و فناوری‌های نوین، پیش‌بینی رخداد زمانی و مکانی نزولات آسمانی را با دقت بسیار بالایی امکان‌پذیر ساخته و بدین ترتیب امکانات بی‌سابقه‌ای را در اختیار مدیریت بحران قرار داده است. گرچه زیرساخت‌های پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی در کشور ما نیز موجود است، اما در بسیاری از موارد، وجود نقص‌ها و کاستی‌ها در چرخه مدیریت بحران، سبب غافلگیری دستگاه‌های مدیریتی و اجرایی شده و خسارات مالی و جانی بسیاری را در کشور به بار می‌آورد.

ایران همواره در معرض خسارت‌ها و آسیب‌های ناشی از سیل قرار دارد. در این میان، بیشترین خسارات سیل به شریان‌های حیاتی از جمله زیرساخت‌های حمل‌ونقل وارد می‌شود. مرور رویدادهای سیل در سال‌های گذشته نشان می‌دهد که شبکه راه و راه‌آهن سراسری آسیب‌های اساسی را متحمل شده‌اند.

مدیریت یکپارچه سیل و تعامل و هماهنگی سازمان‌های مسئول و متولی در حوزه سیلاب، از چالش‌های مهم مدیریت ریسک سیل به شمار می‌آید. نبود قوانین شفاف با پشتوانه اجرایی قوی سبب شده است که در مدیریت ریسک سیل، تمرکز بر روی آمادگی، پاسخگویی و مقابله باشد. به بیانی دیگر، در مراحل پیش‌بینی و پیشگیری، برنامه مشخص و قابل اتکایی وجود ندارد، و بازسازی و بازتوانی پس از آن نیز همچون سایر بحران‌های جاری از جمله زلزله، با نابسامانی‌های بنیادین دست به گریبان است.

شاید بتوان یکی از عوامل مهم نبود انسجام در مدیریت ریسک سیل را عدم وجود زبان و فهم مشترک درباره مسائل و مشکلات پیاده‌سازی مدیریت ریسک سیل برشمرد. پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب که در این دوره با مشارکت مستقیم و جدی دو دستگاه ذینفع این حوزه (وزارت نیرو و وزارت راه و شهرسازی) برنامه‌ریزی و اجرا می‌شود، در تلاش است تا فرصتی را برای حضور مدیران، صاحب‌نظران، اندیشمندان و دغدغه‌مندان این حوزه فراهم آورد تا ضمن گفت‌وگو در قالب میزگرد و کارگاه‌های آموزشی، به انتقال دانش و یافته‌های نوین این حوزه بپردازد. در برگزاری این کنفرانس از تلاش‌های مجدانه دکتر مرتضی افتخاری - دبیر علمی کنفرانس - و همکاران ایشان کمال قدردانی را دارم.





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

امید آنکه نتایج این رخداد علمی که حاصل تلاش و حمایت بسیاری از بزرگان و دلسوزان این مرز و بوم است، رضایت نسبی شما همراهان و بزرگواران را به همراه داشته باشد.

نیما جهدی

دبیر کنفرانس و

مدیرعامل شرکت کیمیاخردپارس



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir ♦ info@ifmc.ir



## فهرست مقالات

- ارزیابی نتایج بارش روزانه مدل GFS جهت صدور پیش‌هشدار سیل؛ مطالعه موردی: استان لرستان ..... ۳۱
- توسعه مدل رقومی برای تخمین خسارت سیل بر ساختمان با در نظر گرفتن سرعت و عمق جریان ..... ۴۵
- سیستم‌ها و روش‌های پادسیل‌سازی مناطق مسکونی بر اساس تجربیات و استانداردهای بین‌المللی ..... ۶۵
- ارائه یک نرم‌افزار خبره برای پهنه‌بندی سیل ..... ۸۲
- بررسی وضعیت سیل‌خیزی راه‌های کشور بر اساس سیمای حوزه‌های آبخیز ..... ۱۰۱
- پهنه‌بندی سیلاب ناشی از شکست سد و تأثیر آن بر پایین‌دست منطقه با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS ..... ۱۱۴
- بیمه؛ ظرفیت و راهکار نوین مدیریت ریسک سیلاب در استان گلستان ..... ۱۳۳
- پیاده نمودن نظام مستندسازی، راهکاری بنیادی جهت بهبود پیوسته مدیریت بحران- مطالعه موردی: مستندسازی سانحه سیل در وزارت راه و شهرسازی ..... ۱۵۸
- نوین‌سازی شبکه سنجش منابع آب به منظور مدیریت سیلاب؛ مطالعه موردی: سد گلستان ۱۷۲ ..... ۱۷۲
- ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی برای بارش‌های سیل‌زا در شمال ایران ..... ۱۸۵
- شاخص‌های تاب‌آوری در برابر سیلاب‌های شهری در تهران ..... ۲۰۳
- بررسی انواع خرابی پل‌ها؛ مطالعه موردی: پل‌های رودخانه‌های دائمی شهرستان نور ..... ۲۲۱
- بررسی تأثیر شدت بارش بر سرعت هیدروپلنینگ در آزادراه گرمسار- سمنان ..... ۲۳۷
- آشکارسازی بارش سنگین به کمک نقشه‌های همدید وضع هوا؛ مورد مطالعه: بارش سنگین در شمال غرب ایران در تاریخ ۱۳۹۶/۱/۲۵ ..... ۲۵۴



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

- تحلیل فراوانی وقوع و شبیه‌سازی سیلاب رودخانه کوثر با استفاده از نرم‌افزارهای GIS، EasyFit، HEC-RAS، HEC-GeoRAS ..... ۲۶۴
- پهنه‌بندی سیل خیزی شهر همدان با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی ..... ۲۷۹
- استفاده از داده‌های بارش بازتحلیل ERA-Intrim در شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب؛ مطالعه موردی: حوضه آبریز مارون ..... ۲۹۳
- بررسی اثر پخش سیلاب در کنترل سیلاب رودخانه دز با استفاده از مدل ریاضی مناسب؛ مطالعه موردی: سیلاب فرودین ۱۳۹۵ ..... ۳۰۵
- اولویت‌بندی استراتژی‌های مدیریت سیلاب با رویکرد مدیریت پیش از بحران ..... ۳۳۰
- نقش برنامه‌ریزی منطقه‌ای در کاهش مخاطرات سیلاب رودخانه زاینده‌رود ..... ۳۵۸
- ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی بارش WRF و GFS در حوضه آبریز گاوشان ..... ۳۶۶
- مقایسه محصولات ماهواره TRMM با برون‌داد مدل WRF بارش‌های تابستانه شمال غرب ایران ..... ۳۸۰
- نقش پهنه‌بندی به روش درون‌یابی جبری در مدیریت تصمیم در مواقع حوادث آبی؛ مطالعه موردی: شهرستان باغ‌ملک (خوزستان) ..... ۴۰۱
- کاربرد تکنیک‌های تعیین تغییرات در سنجش‌ازدور جهت برآورد محدوده سیلاب: منطقه کنارک در جنوب استان سیستان و بلوچستان ..... ۴۰۲
- نقش بندهای مشبک (سرشاخه گیر) در مدیریت سیلاب شهری؛ مطالعه موردی: حوزه آبخیز کاظم رود (شهرستان عباس‌آباد) ..... ۴۰۳
- بررسی کفایت مخازن نگهداشت رواناب برای آبیاری فضای سبز حوضه آبریز آب و برق با استفاده از نرم‌افزار ASSA ..... ۴۰۵
- بررسی سیلاب شهری و ارائه راهکارهای مدیریتی آن در شهرستان جهرم ..... ۴۰۶



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦ info@ifmc.ir ♦  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

- بررسی تأثیر مقاطع مرکب بر روی پارامترهای هیدرولیکی جریان در رودخانه پیربازار با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAC ..... ۴۰۸
- مدل‌سازی سیلاب با استفاده از روش‌های آب‌نمود واحد مصنوعی؛ مطالعه موردی: حوضه آبخیز خانمیرزا- استان چهارمحال و بختیاری ..... ۴۰۹
- پایش کیفی رویکردهای حاکمیتی مهندسی رودخانه و اقدامات سازه‌ای هدایت، کنترل و مدیریت سیلاب در استان گلستان ..... ۴۱۰
- نقش احداث سدها و مخازن در تسکین سیلاب‌های استان گلستان ..... ۴۱۱
- راهکارهای سازه‌ای افزایش ظرفیت رودخانه‌های استان گلستان برای مدیریت ریسک سیلاب ..... ۴۱۲
- راهکارهای غیرسازه‌ای مدیریت ریسک سیلاب در استان گلستان ..... ۴۱۳
- مدل‌سازی و تعیین پهنه خطر سیل در استان گلستان ..... ۴۱۴
- بررسی تأثیر سیستم مکش از درون پایه بر کاهش میزان آبشستگی پایه پل ..... ۴۱۵
- احداث بزرگراه‌ها در زمین‌های سست و تحت تأثیر سیلاب به کمک ستون‌های سنگی ..... ۴۱۶
- شبیه‌سازی هیدرولیکی رودخانه لیسار جهت پهنه‌بندی سیلاب و تعیین حد بستر و حریم بر اساس موازین قانونی و ارائه طرح ساماندهی ..... ۴۱۷
- بررسی عوامل مؤثر بر مشارکت مردمی در مدیریت سیلاب ..... ۴۱۸
- وضعیت وقوع سیلاب در ایران و اثرات ناشی از آن در سال ۱۳۹۵ ..... ۴۱۹
- بررسی اثرات سازه‌های آبخیزداری بر روی کنترل سیلاب؛ مطالعه موردی: حوزه نردین شهرستان میامی ..... ۴۲۰
- استخراج روابط دبی-اشل مقاطع مرکب با بستر صلب با استفاده از مدل ریاضی سه‌بعدی ..... ۴۲۲
- پایدارسازی کناره رودخانه جلوگیری از فرسایش خاک و تولید رسوب با استفاده از روش بیولوژیکی؛ مطالعه موردی: حوزه آبخیز پسیخان (گیلان) ..... ۴۲۳



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

- تحلیل فراوانی و رفتارشناسی مشخصه‌های بارش‌های مقادیر حدی برای ایستگاه سینوپتیک شیراز، استان فارس ..... ۴۲۵
- کالیبراسیون رابطه Z-R رادار هواشناسی اهواز در حوضه آبریز ابوالعباس ..... ۴۲۶
- نقش انسان در بروز سیل و آب گرفتگی شهری و اقدامات و میزان آمادگی شهرداری اصفهان در راستای مواجهه با آن ..... ۴۲۷
- مدل‌سازی سیلاب شهری با استفاده از روش چند سلولی ..... ۴۲۸
- تأثیر تجارب متعدد سیل‌های در میزان حس مسئولیت‌پذیری مردم درانجام اقدامات پیشگیرانه سیل ..... ۴۲۹
- شبیه‌سازی روزانه دبی در حوضه آبریز سد جیرفت در استان کرمان با استفاده از مدل SWAT ..... ۴۳۰
- استفاده از روش‌های سازه‌ای در کنترل سیلاب حوضه‌های آبریز شهری؛ مطالعه موردی: شهر شریفیه استان قزوین ..... ۴۳۲
- ارزیابی دقت مدل‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی در سامانه‌های پیش‌بینی و هشدار سیل ..... ۴۳۳
- بررسی مشکلات نقاط تقاطعی مسیرها و زیرساخت‌های حمل‌ونقل ..... ۴۳۴
- محاسبه ضرایب ماسکینگام حوضه جهت روندیابی سیلاب خروجی از ایستگاه ملاثانی تا ایستگاه هیدرومتری اهواز با استفاده از نرم‌افزار LINGO ..... ۴۳۵
- تحلیل و تعیین عوامل مؤثر بر ضریب رواناب شهری و تأثیر آن در سیلاب شهری؛ مطالعه موردی: منطقه ۴ تهران ..... ۴۳۶
- انتخاب بهترین توزیع آماری و شبیه‌سازی سیلاب رودخانه باراندوزچای با استفاده از نرم‌افزارهای GIS، HEC-RAS، HEC-GeoRAS، EasyFit ..... ۴۳۷
- بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر تولید رواناب با استفاده از مدل WetSpa ..... ۴۳۸



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦ info@ifmc.ir ♦  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

- بررسی ملاحظات پدافند غیرعامل در مدیریت سیلاب‌ها در شهرک‌های صنعتی؛ نمونه موردی: ۴۳۹  
بررسی شهرک صنعتی دارویی برکت .....  
تعیین بازه‌های طغیانی رودخانه دره گپ گناوه با استفاده از مدل هیدرولوژیکی حوضه آبریز (HEC-HMS) و سیستم آنالیزرودخانه (HEC-RAS) ..... ۴۴۰  
ارتقای برنامه‌های راهبری مدیریت بحران در سیلاب: تجربیات، چالش‌ها و پیشنهادها ..... ۴۴۱  
توسعه مدل عددی مبتنی بر روش حجم محدود به منظور مدل‌سازی امواج سیلابی ناشی از شکست سد با قابلیت در نظر گرفتن بستر خشک و اثرات آشفستگی ..... ۴۴۲  
بررسی آبخیزداری شهری به عنوان رویکردی نوین در کنترل سیلاب‌ها به منظور مدیریت توسعه پایدار شهری ..... ۴۴۳  
ارزیابی تأثیر اقلیم بر روی بهترین توزیع آماری در آنالیز فراوانی دبی حداکثر سیلاب ..... ۴۴۴  
بررسی تأثیر طول دوره آماری هیدرولوژیکی بردقت پیش‌بینی جریان‌های سیلابی ..... ۴۴۶  
کاربرد تکنیک شبکه عصبی مصنوعی در برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب و مقایسه آن با روش‌های تجربی؛ مطالعه موردی: حوضه‌های آبخیز شمال نیشابور ..... ۴۴۷  
ارزیابی پیش‌بینی بارش مدل WRF بر روی حوضه‌های آبریز کرخه و کارون ..... ۴۴۹  
پیش‌بینی و راستی‌آزمایی بارش مدل WRF در نیمه شمالی کشور ..... ۴۵۰  
برآیناروش داده‌های لرزه‌ای با استفاده از همبستگی موضعی به کمک نرم‌افزار متلب ..... ۴۵۱  
اعتبارسنجی روش‌های تعیین دبی زیست‌محیطی رودخانه؛ مطالعه موردی: رودخانه کرج ..... ۴۵۲  
شبیه‌سازی روند بیشینه سیلاب محتمل به روز شده با تغییرات اقلیم و کاربری اراضی بر سازه، مخزن و سرریز در طرح‌های اصلاح و بازسازی سد ..... ۴۵۳  
مقایسه عملکرد مدل‌های هیدرولوژی HEC-HMS و SWMM در شبیه‌سازی رواناب شهری؛ مطالعه موردی: حوضه آبریز مسیل نودره ..... ۴۵۴



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

- ارزیابی و مقایسه چند الگوفرابتکاری در تحلیل رابطه بارش-رواناب؛ با مطالعه موردی: حوضه بارنیشابور..... ۴۵۵
- بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و تعیین میزان کادمیوم و سرب در سیلاب‌ها و رواناب‌های شهری سسندج پس از بارش باران ..... ۴۵۶
- بررسی روش‌های کنترل سیلاب شهری، جهت جلوگیری از نفوذ در شبکه‌های فاضلاب؛ مطالعه موردی: شرکت آبفای قم ..... ۴۵۸
- تعیین نقش سازمان هلال‌احمر در مدیریت بحران زمان وقوع سیل؛ بررسی موردی در استان گلستان..... ۴۵۹
- تعیین مناطق مولد سیل و اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها؛ مطالعه موردی: حوضه آبخیز رودخانه زندان در استان هرمزگان ..... ۴۶۰
- شبیه‌سازی پروفیل سرعت و غلظت جریان‌های گل‌آلود رسوب داخل مخزن سد با استفاده از نرم‌افزار Flow-3D ..... ۴۶۱
- ارزیابی کارایی بهترین اقدامات مدیریتی (BMPs) در کنترل سیلاب و رواناب شهری با استفاده از مدل SUSTAIN..... ۴۶۳
- برآورد میزان عدم قطعیت پارامترهای دخیل در ضریب تخلیه سرریز نیلوفری با استفاده از تئوری آنتروپی ..... ۴۶۴
- بررسی اثر تنگ‌شدگی کانال بر روی الگوی جریان در یک قوس ۹۰ درجه از یک رودخانه طبیعی ..... ۴۶۵
- بررسی رخداد سیل در روستاهای توابع لنگرود و تبیین شیوه اثرگذاری ..... ۴۶۶
- انتخاب بهترین روش تجربی برآورد حداکثر دبی سیلاب حوضه آبخیز اسجیل ..... ۴۶۷
- مدیریت آواربرداری پس از سیلاب ..... ۴۶۸



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦♦♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir ♦♦♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶





وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



شرکت مدیریت منابع آب ایران

|                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| چالش‌های مدیریت محلی منابع آب در شهر تهران از منظر مدیریت یکپارچه بحران‌های مرتبط                                                      | ۴۶۹ |
| بررسی تأثیر شکست سد سفیدرود بر سد انحرافی تاریک به کمک نرم افزار HEC-RAS                                                               | ۴۷۰ |
| تأثیر روند جریان ناشی از شکست سد سفیدرود بر شهر رودبار با استفاده از مدل HEC-RAS                                                       | ۴۷۱ |
| پیش‌بینی سیلاب در طراحی پل‌ها با استفاده از نرم افزار ArcGIS؛ با مطالعه موردی راه ارتباطی شهرکرد-دهدز-ایذه                             | ۴۷۲ |
| پیش‌بینی زمان واقعی سیلاب میان حوضه سدهای مسجدسلیمان و گتوند علیا با استفاده از مدل بارش رواناب (قبل و بعد از آبیگری سد گتوند علیا)    | ۴۷۳ |
| بررسی پتانسیل سیل خیزی حوزه آبخیز ماهنشان استان زنجان با استفاده از نرم افزار ArcGIS                                                   | ۴۷۵ |
| روش‌های ساماندهی و مدیریت سیلاب در مناطق روستایی واقع در مصب رودخانه گرگانرود؛ نمونه مورد مطالعه: دهستان جعفر بای غربی - روستای چارقلی | ۴۷۶ |
| بررسی ویژگی‌های حوزه آبخیز شهر قیام دشت و نقش آن در بروز سیلاب‌های شهری                                                                | ۴۷۸ |
| برنامه‌ریزی شهری با تأکید بر ارزیابی ریسک سیلاب                                                                                        | ۴۷۹ |
| فرآیند مدیریت سوانح و نگرشی بر الگوهای رایج مربوطه                                                                                     | ۴۸۰ |
| تحلیل خسارات غیرمستقیم زیرساخت‌های شهری ناشی از سیلاب با در نظر گرفتن وابستگی بین آن‌ها                                                | ۴۸۱ |
| پهنه‌بندی سیلاب در رودخانه کرخه با استفاده از مدل دو بعدی CCHE2D                                                                       | ۴۸۳ |
| راستی آزمایی منطقه‌ای بارش‌های شدید و سیلابی در مناطق کوهستانی استان اصفهان با ده طرحواره میکروفیزیکی و گام‌های مکانی مختلف            | ۴۸۴ |
| بررسی تغییرات اقلیمی و سیلاب بر افزایش آلودگی‌های محیط زیست شهری و ساحلی بندر بوشهر                                                    | ۴۸۶ |



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

کاربرد و مدل‌سازی بارش - رواناب با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی (MLP) و مدل  
هیدرولوژیکی (HEC-HMS) در پیش‌بینی و شبیه‌سازی جریان در حوضه رودخانه کن ..... ۴۸۷  
بررسی مسائل اقتصادی اجتماعی سیلاب‌های شهری رامسر..... ۴۸۹  
فهرست اسامی افراد..... ۴۹۱



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir ♦ www.ifmc.ir

با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب



5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۴۰۳-۹۶۱۷۰



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

«مسئولیت علمی و حقوقی مطالب مطرح شده در مقالات

بر عهده نویسندگان آنها می‌باشد.»

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir ♦ info@ifmc.ir



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش های راه آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
♦ www.ifmc.ir

۲۲ و ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۶ / سالن همایش‌های  
راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی



پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

**5TH** [WWW.IFMC.IR](http://WWW.IFMC.IR)  
13-14 November 2017  
**COMPREHENSIVE CONFERENCE ON**  
**FLOOD** **ENGINEERING**  
**AND**  
**MANAGEMENT**

کد اختصامی ثبت همایش در  
پایگاه SC: ۹۶۱۷۵-۹۲۴۰۳

---

بخش اول: مقالات شفاهی



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش های راه آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
♦ www.ifmc.ir



HN-00040170

## ارزیابی نتایج بارش روزانه مدل GFS جهت صدور پیش‌هشدار سیل؛ مطالعه موردی: استان لرستان

حسین دهبان<sup>۱</sup>، سمیه ایمانی<sup>۲</sup>، اشکان فرخ‌نیا<sup>۳\*</sup>، رضا روزبهانی<sup>۴</sup>، امیرمحمد حسن‌لی<sup>۵</sup>

۱، ۲، ۳، ۴- پژوهشکده منابع آب، موسسه تحقیقات آب، وزارت نیرو

ashkan\_farokhnia@yahoo.com

### چکیده:

امروزه پیش‌بینی و پیش‌هشدار سیل یکی از مهم‌ترین ابزارهای مدیریتی در مقابله با سیلاب به شمار می‌آید. با پیشرفت مدل‌های عددی پیش‌بینی وضع آب‌وهوا، استفاده از نتایج این مدل‌ها در سامانه‌های هشدار سیل، بسیار مورد توجه قرار گرفته است اما به دلیل اینکه مدل‌های پیش‌بینی آب‌وهوا همواره با عدم قطعیت همراه هستند نیاز به ارزیابی دقت و تصحیح خطایی دارند. در این راستا در پژوهش حاضر، هدف ارزیابی پیش‌بینی‌های بارش روزانه مدل GFS با استفاده از روش‌های آماری به صورت موردی در استان لرستان می‌باشد. نتایج این تحلیل‌ها نشان داد که در خصوص بارش‌های روزانه با مقدار بیشتر از ۵ میلی‌متر توسط مدل GFS در بازه زمانی یک تا ۹ روز آینده، احتمال وقوع بالا بوده (۶۰ تا ۹۰ درصد) و عملکرد مدل در پیش‌بینی متوسط بارش در سطح استان لرستان (کل طوفان) نسبت به پیش‌بینی نقطه‌ای بهتر می‌باشد. همچنین میزان ضریب تبیین پیش‌بینی بارش روزانه ۱ تا ۳ روز آینده در سطح استان به طور متوسط در حدود ۰/۷ به دست آمد که نشانگر دقت مناسب مدل GFS در پیش‌بینی بارش‌های این منطقه می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** هشدار سیل، پیش‌بینی بارش، مدل GFS، لرستان.





## ۱. مقدمه

سیل یکی از متداول‌ترین بلایای طبیعی در جهان است که هرساله خسارات مالی و جانی فراوانی را به همراه دارد [۱]. براساس بررسی‌های صورت گرفته حدود ۵۰٪ بلایای طبیعی مرتبط با آب که از سال ۲۰۰۱-۱۹۹۱ به وقوع پیوسته است؛ به صورت سیل بوده است [۲]. ایران نیز به دلیل اقلیم متعدد، تراکم زمانی و مکانی بارش‌ها و پوشش گیاهی نامناسب از این امر مستثنا نشده است. بطوریکه در سال‌های اخیر همواره در معرض تلفات و خسارات ناشی از سیل بوده است.

امروزه پیش‌بینی و پیش‌هشدار سیل یکی از مهم‌ترین ابزارهای موجود در زمینه مقابله و مدیریت سیلاب می‌باشد که با هدف کاهش خسارات جانی و مالی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۳]. کارایی این ابزار در کاهش قابل ملاحظه خسارات مستقیم ناشی از سیل در مطالعات مختلفی اثبات شده است [۴ و ۵ و ۶ و ۷]. یک سیستم پیش‌بینی و هشدار سریع سیل شامل چندین مؤلفه اساسی است که از مهم‌ترین آن‌ها مؤلفه بارش و پیش‌بینی دقیق آن است [۸]. چرا که پدیده سیل عمدتاً از بارش‌های شدید حاصل می‌شود و پیش‌بینی مطلوب بارش زمینه را برای مدیریت مناسب و به هنگام سیل فراهم می‌آورد.

بااین حال پیش‌بینی دقیق بارش با توجه به فرایندهای فیزیکی پیچیده تولید بارش، یکی از چالش‌های اساسی در این زمینه است. ارتباط پیوسته و برهمکنش پیچیده ویژگی‌های سطح زمین مانند ناهمواری، مرزهای خشکی-آب، پوشش گیاهی و رطوبت خاک از عوامل افزایش دهنده پیچیدگی‌های پیش‌بینی فرآیند بارش است. روش‌های پیش‌بینی بارش از روابط ساده تجربی و روابط همبستگی تا استفاده از مدل‌های پیچیده متغیر می‌باشد [۹].

در سال‌های اخیر پیش‌بینی کمی بارش توسط مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا، بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۱۰]. مدل‌های عددی پیش‌بینی وضع هوا از سال ۱۹۴۰ میلادی با پیشرفت فناوری در زمینه استفاده از ماهواره‌ها و شبکه‌های راداری و رادیوسوندی پیشرفت زیادی داشته‌اند [۱۱]؛ اما در حال حاضر نتایج این مدل‌ها با قدرت تفکیک مکانی کمتر از ۱۲ کیلومتر و مقیاس زمانی کمتر از سه روز به طور معمول در دسترس نیستند [۱۱]. بااین حال استفاده از این مدل‌ها در پیش‌بینی بارش کوتاه مدت و میان مدت (تا ۱۰ روز) بسیار مناسب است [۱۳]. در سال‌های اخیر پژوهشگران زیادی دقت مدل‌های عددی را در پیش‌بینی بارش ارزیابی کرده‌اند [۱۴ و ۱۵ و ۱۶]؛



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران





زیرا راست‌آزمایی پیش‌بینی علاوه بر اهمیت علمی از جنبه مدیریتی نیز ضرورت دارد [۱۷]. در ایران برخی از محققین در این رابطه پژوهش‌هایی انجام داده‌اند که به طور اجمالی به برخی از آن‌ها اشاره می‌گردد. هدایتی و آزادی (۱۳۸۹) خروجی‌های بارش مدل  $MM5^1$  را در ایران بررسی کردند. مطالعه آن‌ها نشان داد که توانایی مدل در پیش‌بینی بارش برای آستانه بارش بسیار کم (کوچکتر از ۰/۱ میلی‌متر) و آستانه بارش زیاد (بزرگتر از ۱۰ میلی‌متر) بهتر است [۱۸]. در مطالعه دیگری با استفاده از مدل‌های منطقه‌ای  $HRM^2$ ،  $MM5$  و  $WRF^3$  تأثیر بازه پیش‌بینی در صحت نتایج خروجی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این تحقیق حاکی از کاهش دقت پیش‌بینی‌ها با افزایش مقیاس زمانی است اما هر سه مدل کارایی مشابهی داشته‌اند، هرچند می‌توان به برتری مدل  $WRF$  به‌ویژه در زمان رخداد بارش و همین‌طور تا حدودی مهارت و ارزش اقتصادی بالاتر آن توجه کرد [۱۹]. به‌طور کلی مدل‌های جهانی پیش‌بینی آب‌وهوا برنامه‌های کامپیوتری هستند که با توجه به مکان و ارتفاع داده شده به آن‌ها اطلاعات هواشناسی برای زمان آینده را ایجاد می‌کنند. مدل‌های جهانی بسیاری در مراکز تحقیقاتی دنیا توسعه یافته‌اند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به مدل‌های  $ECMWF^4$ ،  $ICON^5$ ،  $GEM^6$ ،  $NEMS^7$  و  $GFS^8$  می‌باشد. کارایی این مدل‌ها در سامانه هشدار سیل در مطالعات متعددی اثبات گردیده است [۲۰ و ۲۱]. یکی از محدودیت‌های عمده این مدل‌ها عدم دسترسی رایگان و منسجم به پایگاه اطلاعاتی آن‌ها می‌باشد که استفاده از اطلاعات آن‌ها را در اجرای مدل‌های هیدرولوژیکی غیرممکن می‌سازد. از بین مدل‌های جهانی مذکور، تنها مدل  $GFS$  امکان دسترسی رایگان و به‌هنگام به پایگاه داده‌های آن امکان‌پذیر است. به این دلیل در این مطالعه، ارزیابی نتایج مدل جهانی  $GFS$  در شبیه‌سازی بارش و استفاده از آن در پیش‌هشدار سیل

<sup>1</sup> Weather Model

<sup>2</sup> high resolution Regional model

<sup>3</sup> Weather Research and Forecasting Model

<sup>4</sup> European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

<sup>5</sup> Icosahedral non-hydrostatic

<sup>6</sup> Global Environmental Multi scale Model

<sup>7</sup> National Energy Modelling System

<sup>8</sup> Global Forecast System

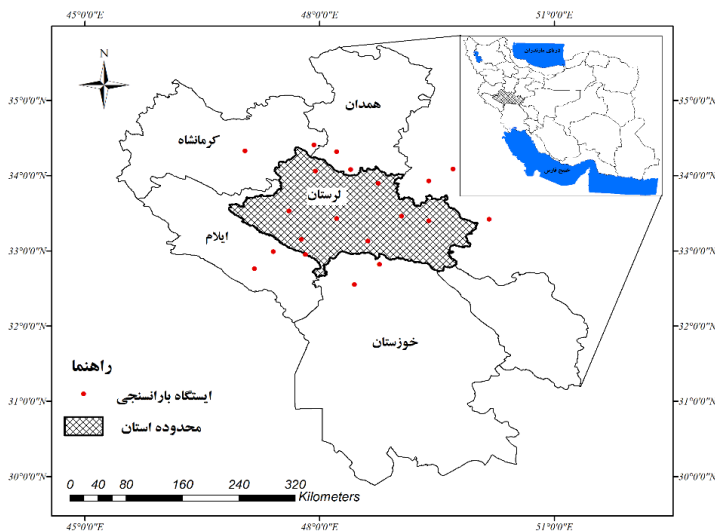


مورد توجه قرار خواهد گرفت. بدین منظور استان لرستان یکی از استان‌های پربارش کشور به عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب گردید.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱.۲ منطقه مورد مطالعه

استان لرستان با مساحت ۲۸۰۶۴ کیلومتر در غرب ایران بین ۴۶ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۰ درجه ۳ دقیقه طول شرقی و ۳۲ دقیقه و ۳۴ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. استان لرستان از جمله مناطقی از ایران است که آب‌وهوایی متنوعی دارد. نقاط جنوبی استان دارای آب‌وهوای گرمسیری و در مناطق شمالی دارای آب‌وهوای سرد و خنک می‌باشد. با توجه به تنوع آب‌وهوایی استان لرستان، این استان به چهار ناحیه کوهستانی، دره‌ها، جنگل و ناحیه گرمسیری قابل تقسیم‌بندی است. در شکل (۱) موقعیت جغرافیایی استان لرستان نسبت به کل کشور و نیز موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی مورد استفاده در تحقیق، نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکندگی ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



## ۲.۲ مدل‌های جهانی پیش‌بینی بارش

مدل‌های عددی جهانی برنامه‌های کامپیوتری هستند که با توجه به مکان و ارتفاع داده شده به آن‌ها اطلاعات هواشناسی برای زمان آینده را ایجاد می‌کنند. مدل‌های جهانی بسیاری در مراکز تحقیقاتی دنیا توسعه یافته‌اند. فهرستی از این مدل‌ها که دسترسی به اطلاعات آن‌ها امکان‌پذیر است به همراه آدرس دسترسی به پایگاه داده‌های آن‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. یکی از محدودیت‌های عمده این مدل‌ها عدم دسترسی رایگان و منسجم به پایگاه اطلاعاتی آن‌ها می‌باشد که استفاده از اطلاعات آن‌ها را در اجرای مدل‌های هیدرولوژیکی غیرممکن می‌سازد. مطابق جدول ۱، از بین مدل‌های جهانی مذکور تنها امکان دسترسی رایگان و به هنگام به پایگاه داده‌های مدل GFS فراهم می‌باشد. با توجه به این قابلیت، امکان ارزیابی پیش‌بینی‌های مدل جهت تصحیح خطای سیستماتیک با استفاده از روش‌های آماری وجود دارد. لذا در این تحقیق مدل GFS به عنوان مدل منتخب در نظر گرفته شده است. این مدل توسط موسسه NCEP<sup>۱</sup> توسعه داده داده شده و مبتنی بر یک سری معادلات دینامیکی حاکم بر پارامترهای فیزیکی جو کره زمین است [۲۲]. هم‌اکنون مدل GFS توسط سازمان خدمات‌رسانی هواشناسی آمریکا (NWS)<sup>۲</sup> در چهار ساعت مختلف در روز اجرا می‌شود و پیش‌بینی متغیرهای هواشناسی را تا ۱۶ روز انجام می‌دهد [۲۳].

جدول ۱- فهرست مدل‌های جهانی و منطقه‌ای پیش‌بینی آب‌وهوا

| نام مدل            | کشور سازنده | تفکیک مکانی<br>(کیلومتر) | گام زمانی پیش‌بینی<br>(ساعت) | بازه پیش‌بینی | دسترسی رایگان به<br>اطلاعات |
|--------------------|-------------|--------------------------|------------------------------|---------------|-----------------------------|
| GFS                | آمریکا      | ۱۳                       | ۱                            | ۱۶ روز        | بله                         |
| ECMWF <sup>۱</sup> | بریتانیا    | ۹                        | ۳                            | ۱۰ روز        | خیر                         |
| ICON <sup>۲</sup>  | آلمان       | ۷                        | ۱                            | ۳ روز         | خیر                         |
| GEM <sup>۲</sup>   | کانادا      | ۱۳                       | ۳                            | ۱۰ روز        | خیر                         |

<sup>۱</sup> National Centers for Environmental Prediction

<sup>۲</sup> National Weather Service



|     |       |   |    |        |                   |
|-----|-------|---|----|--------|-------------------|
| خیر | ۳ روز | ۳ | ۶  | آمریکا | NEMS <sup>1</sup> |
| خیر | ۵ روز | ۱ | ۱۰ | ایران  | WRF <sup>3</sup>  |

۱- دریافت اطلاعات از سایت <https://www.windy.com>

۲- دریافت اطلاعات از سایت <https://www.ventusky.com>

۳- دریافت اطلاعات از سایت پژوهشکده هواشناسی به آدرس <http://www.asmerc.ir>

### ۳.۲ داده‌های مورد نیاز

برای انجام پژوهش حاضر، از داده‌های بارش پیش‌بینی شده مدل GFS از تاریخ ۷ اسفند ۱۳۹۵ الی ۳۰ اردیبهشت ۹۶ و داده‌های بارش ثبت شده در ایستگاه‌های باران‌سنجی در همان دوره استفاده شده است.

### ۴.۲ ارزیابی مدل GFS

در این مطالعه، مقایسه و ارزیابی پیش‌بینی‌های بارش حاصل از مدل GFS برای پیش‌بینی ۱ تا ۹ روز قبل از وقوع بارش در آینده انجام شد. با توجه اینکه مدل GFS در هر روز ۴ مرتبه اجرا می‌شود (هر ۶ ساعت یکبار)، لذا حجم عظیمی از داده‌های پیش‌بینی بارش در هر روز ایجاد خواهد شد. از اینرو ابتدا در محیط برنامه‌نویسی متلب، اجراهای مختلف مدل GFS برای پیش‌بینی‌های ۱ تا ۹ روزه، با دو رویکرد متوسط و حداکثر مقادیر بارش اجرای مدل، با هم ادغام و سری زمانی بارش روزانه پیش‌بینی شده ایجاد گردید. در نهایت با استفاده از شاخص‌های آماری و روش جدول توافقی دو دویی (جدول ۲) میزان خطا و احتمال وقوع بارش پیش‌بینی شده تعیین شد.

| جدول ۲- حالت‌های ممکن پیش‌بینی بارش در مقایسه با بارش مشاهداتی |                 |          |
|----------------------------------------------------------------|-----------------|----------|
| مشاهدات                                                        |                 | پیش‌بینی |
| خیر                                                            | بله             |          |
| هشدار نادرست (b)                                               | برخورد (a)      | بله      |
| رد درست (d)                                                    | به خطا رفتن (c) | خیر      |



شرکت مدیریت منابع آب ایران



در این پژوهش از شاخص معیار برخورد براساس جدول (۲) برای تعیین میزان احتمال وقوع بارش پیش‌بینی شده استفاده شد.

## ۱.۴.۲ شاخص برخورد

معیار برخورد یا آشکارسازی ( $POD^1$ ) به رخدادهایی گفته می‌شود که به درستی پیش‌بینی می‌شود [۲۴]. این شاخص به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود.

$$POD = \frac{a}{a+b} \quad (1)$$

در پژوهش حاضر، برای ارزیابی پیش‌بینی بارش روزانه مدل GFS در مقایسه با بارش روزانه مشاهداتی در استان لرستان، از شاخص‌های آماری مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب همبستگی به دو صورت ایستگاهی و متوسط بارش روزانه استان، استفاده شد. در مقایسه پیش‌بینی مدل به صورت استانی، از روش‌های مرسوم درون‌یابی جهت ایجاد پهنه بارش مشاهداتی در سطح استان، استفاده شد.

## ۳. نتایج

رخدادهای بارشی در طول دوره آماری ۶ اسفند ۱۳۹۵ تا ۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۶ براساس دو آستانه بارشی بزرگتر از ۱ و بزرگتر از ۵ میلی‌متر برای ۸ ایستگاه باران‌سنجی واقع در داخل استان و ۱۲ ایستگاه خارج از استان انتخاب شدند و مقایسه ایستگاهی فقط برای ایستگاه‌های واقع در استان لرستان انجام شد. نمونه‌ای از نتایج مربوط به ضریب تبیین ( $R^2$ ) وقایع بزرگتر از ۵ میلی‌متر به صورت مقایسه ایستگاهی در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- ارزیابی ایستگاهی بارش‌های روزانه پیش‌بینی شده بزرگتر از ۵ میلی‌متر

| ایستگاه<br>زمان | چم<br>انجیر | کشور | سازمان<br>آب | دورود | چم<br>زمان | کوهدشت | پلدختر | نورآباد |
|-----------------|-------------|------|--------------|-------|------------|--------|--------|---------|
| ۱ روز آینده     | ۲۶/۰        | ۷۵/۰ | ۳۲/۰         | ۲۶/۰  | ۰۲/۰       | ۳۱/۰   | ۶۲/۰   | ۴۶/۰    |

<sup>1</sup> Probability of detection



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

|      |      |      |      |      |      |      |      |             |
|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| ۱۴/۰ | ۶۲/۰ | ۳۵/۰ | ۱۱/۰ | ۱۹/۰ | ۴۱/۰ | ۶۳/۰ | ۴۰/۰ | ۲ روز آینده |
| ۲۱/۰ | ۶۴/۰ | ۳۴/۰ | ۰۰/۰ | ۰۹/۰ | ۰۱/۰ | ۳۶/۰ | ۳۵/۰ | ۳ روز آینده |
| ۲۴/۰ | ۵۱/۰ | ۳۰/۰ | ۰۶/۰ | ۳۳/۰ | ۶۳/۰ | ۳۵/۰ | ۲۸/۰ | ۴ روز آینده |
| ۰۰/۰ | ۱۱/۰ | ۰۶/۰ | ۰۶/۰ | ۰۰/۰ | ۰۱/۰ | ۳۶/۰ | ۰۶/۰ | ۵ روز آینده |

بر اساس جدول ۳ میزان همبستگی بین بارش روزانه پیش‌بینی شده و مشاهداتی در ایستگاه‌های کشور، پلدختر و نورآباد نسبت به سایر ایستگاه‌ها نسبتاً بالا بوده و این میزان همبستگی در برخی از ایستگاه‌ها مثل ایستگاه پلدختر تا پیش‌بینی ۴ روز آینده تقریباً ثابت بوده است. در ایستگاه‌هایی مثل سازمان آب بروجرد همبستگی پیش‌بینی بارش در بازه‌های زمانی مختلف، غیرمعمول بوده که نشان‌دهنده عملکرد ضعیف مدل در پیش‌بینی بارش در این ایستگاه است. برای مثال میزان همبستگی مدل از پیش‌بینی ۴ روز قبل نسبت به پیش‌بینی از ۱ روز قبل، بیشتر است. به‌طور کلی نتایج مقایسه ایستگاهی نشان می‌دهد که پیش‌بینی‌های بارش از دقت بالایی برخوردار نمی‌باشند. برای حل این مشکل و بررسی دقیق‌تر نتایج پیش‌بینی بارش، علاوه بر مقایسه نقطه‌ای، ارزیابی بارش پیش‌بینی شده مدل GFS برای متوسط کل استان نیز انجام شد. متوسط بارش مشاهداتی (پهنه بارش) با استفاده از داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های داخل و خارج از استان لرستان و با روش‌های درون‌یابی مرسوم، در محیط GIS به دست آمد. متوسط بارش پیش‌بینی شده نیز با درون‌یابی بارش پیش‌بینی شده برای نقاط شبکه‌ای ارائه شده در مدل GFS محاسبه شد. در شکل ۲ نتایج مربوط به احتمال وقوع متوسط بارش روزانه پیش‌بینی شده در استان لرستان ارائه شده است.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب

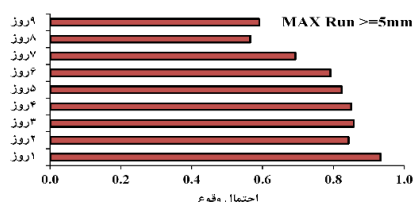
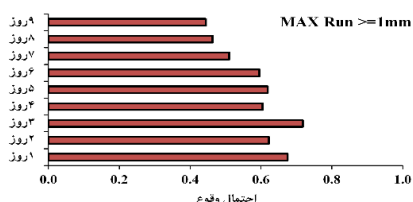
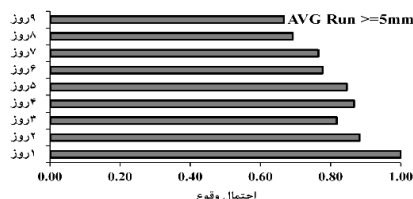
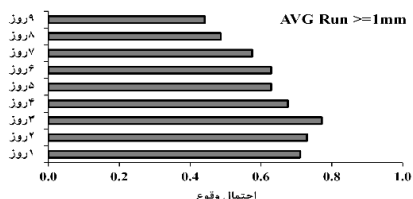


پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦♦♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
♦♦♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



## شکل ۲- احتمال وقوع پیش‌بینی بارش در سطح استان لرستان

با توجه به شکل ۲ مشخص است که احتمال وقوع بارش در آستانه‌های بزرگتر بارش (بارش‌های روزانه بزرگتر از ۵ میلی‌متر نسبت به بارش‌های روزانه بزرگتر از ۱ میلی‌متر) در هر دو حالت متوسط و حداکثر مقادیر اجراهای مدل GFS بالا می‌باشد. به طور متوسط احتمال وقوع بارش برای آستانه بزرگتر از ۵ میلی‌متر در پیش‌بینی ۱ تا ۹ روز آینده بین ۰/۶ تا ۰/۹ و برای آستانه بزرگتر از ۱ میلی‌متر بین ۰/۵ تا ۰/۷ می‌باشد. از آنجا که در وقوع سیلاب، بارش‌های حادی دارای اهمیت بیشتری هستند، از این‌رو نتایج پیش‌بینی بارش توسط مدل GFS از نظر وقوع یا عدم وقوع بارش‌های حادی (بزرگتر از ۵ میلی‌متر) در استان لرستان قابل قبول است. در شکل ۳ و ۴ نیز میزان  $R^2$  و RMSE پیش‌بینی بارش در مقایسه با متوسط بارش مشاهداتی استان لرستان ارائه شده است.

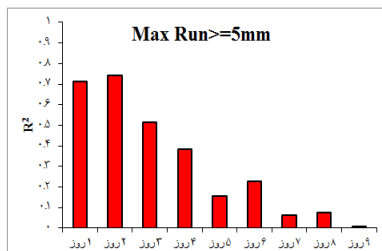
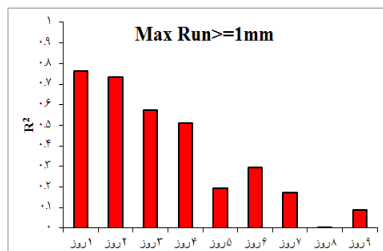
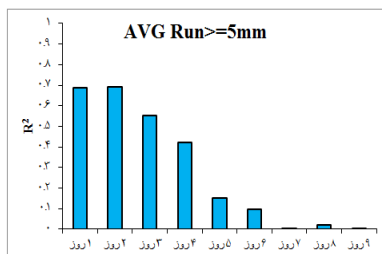
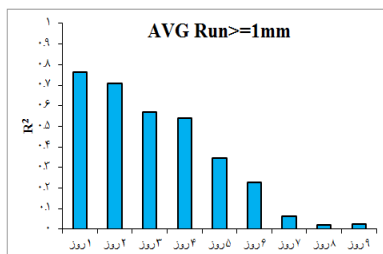


با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

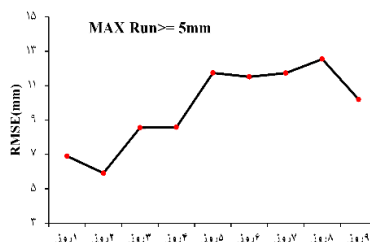
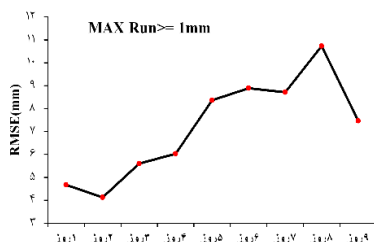
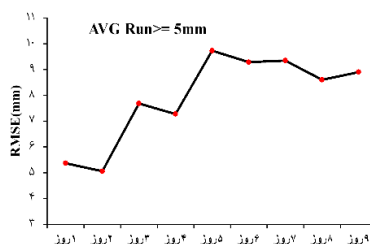
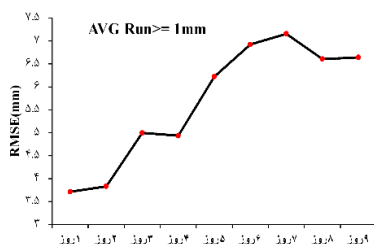
پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



شکل ۳- ضریب تبیین بین متوسط بارش مشاهداتی و پیش‌بینی شده استان لرستان



شکل ۴- RMSE بین متوسط بارش مشاهداتی و پیش‌بینی شده استان لرستان

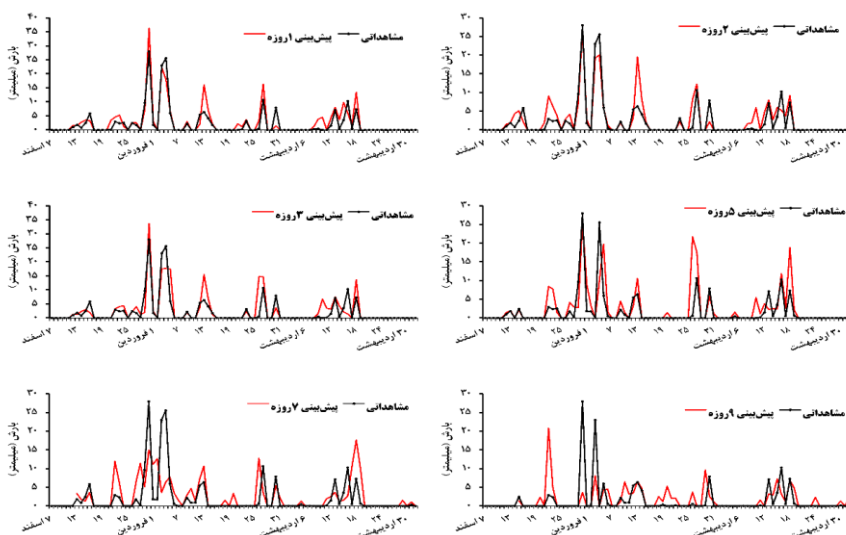


سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir ♦♦ info@ifmc.ir





با توجه به شکل ۳ مشخص است که میزان  $R^2$  تا پیش‌بینی‌های ۳ روز آینده نسبتاً بالا است (بین ۰/۶ تا ۰/۸) که نشان دهنده عملکرد خوب مدل GFS در پیش‌بینی متوسط بارش روزانه در سطح استان لرستان (پیش‌بینی کل طوفان) می‌باشد. مقدار مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) نیز از پیش‌بینی ۱ تا ۹ روز دارای روند کلی افزایشی می‌باشد. این میزان خطا در پیش‌بینی‌های ۱ تا ۲ روز آینده برای بارش‌های بزرگتر از ۵ میلی‌متر قابل قبول بوده و کمتر از ۵ میلی‌متر است. جهت ارزیابی توانایی مدل GFS در پیش‌بینی الگوی کلی وقایع بارندگی در سطح استان، وقایع بارشی پیش‌بینی شده در مقابل بارش مشاهداتی در سطح استان برای بارش‌های بزرگتر از ۵ میلی‌متر در شکل ۶ رسم شده است.



شکل ۶- وقایع بارشی روزانه پیش‌بینی شده بزرگتر از ۵ میلی‌متر و بارش روزانه مشاهداتی

### متناظر با آن در سطح لرستان

همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود مدل GFS توانسته است الگوی کلی سری زمانی متوسط بارش روزانه را در استان لرستان به خوبی پیش‌بینی کند ولی در پیش‌بینی شدت بارش‌ها با کمی خطا همراه بوده است.





6. Molinari D, Ballio F, Menoni S, (2013). Modelling the benefits of flood emergency management measures in reducing damages: a case study on Sondrio, Italy. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 13, 1913–1927
7. Thieken A.H, Müller M, Kreibich H, Merz B, (2005). Flood damage and influencing factors: New insights from the August 2002 flood in Germany. – Water Resources Research, 41, 12, W12430.
8. Bartholmes J, and Todini, E, (2005). Coupling meteorological and hydrological models for flood forecasting. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 9(4), 333–346.
۹. حیدری، علی. امامی، کامران. برخوردار، م. تقیخان، ش. مرادی فلاح، ش. سادات میری، م. (۱۳۸۵)، "راهنمای هشدار و پیش‌بینی سیلاب"، کمیته ملی آبیای و زهکشی ایران، تهران.
10. Collischonn W, Tucci C.E.M, Clarke R.T, Chou S.C, Guilhon L.G, Cataldi M, Allasia D, (2007). Medium–range reservoir inflow predictions based on quantitative precipitation forecasts. Journal of Hydrology, No. 344, pp. 112–122.
11. Trenberth K.E. (Ed.). (1992). Climate system modeling. Cambridge University Press.
12. Moore RJ, Bell V.A, Jones D.A. (2005). Forecasting for flood warning. Comptes Rendus Geoscience, 337(1), 203–217.
13. Hopson T.M and Webster P.J. (2010). A 1–10–day ensemble–forecasting scheme for the major river basins of Bangladesh: Forecasting severe floods of 2003–07. Journal of Hydrometeorology, 11(3), 618–641. Chicago.
14. Chien F.C, Kuo, Y.H, Yang M.J. (2002). Precipitation forecast of MM5 in the Taiwan area during the 1998 Mei–yu season. Weather and Forecasting, 17(4), 739–754.
15. Ferro C.A. (2007). A probability model for verifying deterministic forecasts of extreme events. Weather and Forecasting, 22(5), 1089–1100.
16. Mohite A.R, Beria H, Behera A.K., Chatterjee C, Singh R. (2016, February). Statistical and Hydrological evaluation of precipitation forecasts from IMD MME and ECMWF numerical weather forecasts for Indian River basins. In AGU Fall Meeting Abstracts.
17. Jolliffe I.T, and Stephenson D.B. (Eds.). (2003). Forecast verification: a practitioner's guide in atmospheric science. John Wiley & Sons.
۱۸. هدایتی دزفولی، اکرم و مجید آزادی. (۱۳۸۹)، "راستی‌آزمایی پیش‌بینی بارش مدل منطقه‌ای MM5 روی ایران"، مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۶، شماره ۳، ۱۳۸۹، صفحه ۱۱۵–۱۲۹.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

19. Taghizadeh E. (2010.) Evaluation of regional models HRM, MM5 and WRF precipitation forecasts over Iran, M.Sc. on Meteorology, Yazd University, Department of Physics.
20. Bartholmes j, Todini E. (2005.) Coupling meteorological and hydrological models for flood forecasting. Hydrology and Earth system sciences, No. 9 (4), pp. 333–346.
21. Hollingsworth A, Engelen RJ, Benedetti A, Dethof A, Flemming J, Kaiser JW, Morcrette JJ, Simmons AJ, Textor C, Boucher O, Chevallier F, (2008). Toward a monitoring and forecasting system for atmospheric composition: The GEMS project. Bulletin of the American Meteorological Society, Aug; 89 (8):1147–64.
22. Kalnay, E., M. Kanamitsu, and W. E. Baker. (1990). Global numerical weather prediction at the National Meteorological Center. Bull. Amer. Meteor. Soc., 71, 1410–1428.
23. Khajehei, S., & Moradkhani, H. (2017). Towards an improved ensemble, precipitation forecast a probabilistic post-processing approach. Journal of Hydrology, 546, 476–489.
24. Donaldson, R. J., Dyer, R. M. and Kraus, M. J. (1975). An objective evaluator of techniques for predicting severe weather events, In: Preprints, Ninth Conference on Severe Local Storms, Norman, Oklahoma, American Meteorological Society, 321–326.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦♦♦  
www.ifmc.ir ♦♦♦ info@ifmc.ir



## توسعه مدل رقومی برای تخمین خسارت سیل بر ساختمان با در نظر گرفتن سرعت و عمق جریان

محمد شاه‌سوندی<sup>۱\*</sup>، جلال عطاری<sup>۲</sup>، علیرضا وفایی‌نژاد<sup>۳</sup>، مرتضی افتخاری<sup>۴</sup>، محمد ذکابی<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران؛  
mohammadshahsavandi@yahoo.com

۲ و ۳- دانشیار و استادیار دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۴- استادیار و رئیس موسسه تحقیقات آب.

۵- دانشیار دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

### چکیده:

با توجه به افزایش تعداد وقوع، حجم و میزان خسارت ناشی از سیل در دهه‌های اخیر در سطح ملی و بین‌المللی، برآورد خسارت سیل به عنوان عامل تعیین‌کننده طرح‌های مدیریت سیلاب ضروری است. پارامترهای متعددی در برآورد خسارت سیل دخالت دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به عمق آب، سرعت جریان و زمان آبگرفتگی اشاره کرد. هرچند از عمق جریان به صورت گسترده استفاده شده ولیکن اثر سرعت جریان کمتر مورد توجه قرار گرفته است. حال آنکه سرعت جریان نقش مهمی در خسارت سیل ایفا کرده و با اعمال نیروی بیشتر بر سازه، خطر تخریب آن را افزایش می‌دهد. در این مقاله با استفاده از روابط انرژی ویژه جریان برای سرعت‌های کمتر از ۲ متر بر ثانیه و اندازه حرکت برای سرعت‌های بیشتر از آن، مدلی برای تخمین خسارت سیل بر ساختمان با در نظر گرفتن پارامترهای سرعت و عمق جریان توسعه داده شد. این مدل که به کمک زبان برنامه‌نویسی R توسعه یافته می‌تواند برای محاسبه خسارت سیل در انواع ساختمان‌ها مورد استفاده قرار گیرد و خسارت را به صورت پیوسته و رقومی ارائه نماید. علی‌رغم ساده بودن مدل، مقایسه آن با موارد قبلی نشان می‌دهد که میانگین خطای مطلق آن کمتر از ۹٪ بوده که رضایت‌بخش می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** هیدرولیک سیل، خسارت سیلاب، اثر عمق و سرعت.



## ۱. مقدمه

سیل جریان استثنایی رودخانه است که در پی وقوع بارندگی شدید، شکست سد و یا ذوب شدن سریع برف و یخ اتفاق می‌افتد و به دنبال افزایش ارتفاع آب و ورود به سیلاب دشت خساراتی را بر جای می‌گذارد. با توسعه چشمگیر جوامع شهری و روستایی در سیلاب دشت‌ها، همچنین تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی، ریسک سیل در جهان به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. به گونه‌ای که تعداد بلایای طبیعی ناشی از سیل در جهان از ۱۰ واقعه در سال ۱۹۷۴ به ۶۵ واقعه در سال ۱۹۹۰ و ۱۶۳ واقعه در سال ۲۰۰۳ افزایش یافته است که این به وضوح افزایش چشم‌گیر ریسک سیل را مورد تأیید قرار می‌دهد. سیل‌های فاجعه‌بار در پاکستان (۲۰۱۰)، نیواورلئان آمریکا (۲۰۰۵)، ژاپن (۲۰۱۱)، کوئینزلند استرالیا (۲۰۱۱)، بانکوک تایلند (۲۰۱۱) و جنوب شرق آسیا (۲۰۰۴) مصداق‌هایی هستند که در گذشته نه‌چندان دور، صدها هزار نفر را به کام مرگ کشیده، میلیون‌ها نفر را بی‌خانمان کرده و صدها میلیارد دلار خسارت بر جای گذاشته است [۱].

در ایران نیز بر اساس داده‌های موجود در بانک اطلاعاتی بین‌المللی بلایا، از سال ۱۸۹۵ تا ۲۰۰۳، بیش از ۲۰۸۹۶۳ نفر جان خود را بر اثر بلایای طبیعی از دست داده‌اند که ۱۴۹۴۳ نفر (۷۱/۵٪) آن‌ها بر اثر سیل بوده است. در جریان سال ۱۳۹۱، ۷۲ مورد سیلاب در ۱۸ استان و ۷۲ شهر کشور رخ داده است که موجب مرگ ۲۰ نفر، مصدومیت ۴۴۶ نفر، تخریب ۳۱۳۲ باب ساختمان و ۱۳۹۷ میلیارد ریال خسارت اقتصادی شده است [۲].

با توجه به آمار فوق و روند روبه رشد وقوع سیلاب‌ها، برآورد دقیق‌تر خسارات سیل، به‌عنوان پارامتر اصلی تعیین‌کننده طرح‌های مدیریت سیلاب بسیار حائز اهمیت است چراکه برآورد هرچه دقیق‌تر خسارت وارده می‌تواند زمینه تصمیم‌گیری‌های صحیح‌تر را فراهم آورده و کارایی طرح‌های مدیریت سیلاب را افزایش دهد.

خسارت سیل را می‌توان به دو گروه محسوس و غیر محسوس دسته‌بندی نمود که هرکدام نیز به دو قسمت مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شود. خسارت محسوس به آن دسته از خسارت اطلاق می‌شود که بتوان آن را در واحد پولی بیان نمود. خسارت مستقیم نیز ناشی از برخورد مستقیم آب با اموال بوده درحالی‌که خسارت غیرمستقیم در پی خسارت مستقیم ایجاد شده و ممکن است در



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سواحل طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



خارج از رویداد سیل رخ دهد [۳]. از جمله خسارات مستقیم می‌توان به خسارت ساختمان‌ها اشاره کرد که در این مقاله مورد بررسی قرار می‌گیرد.

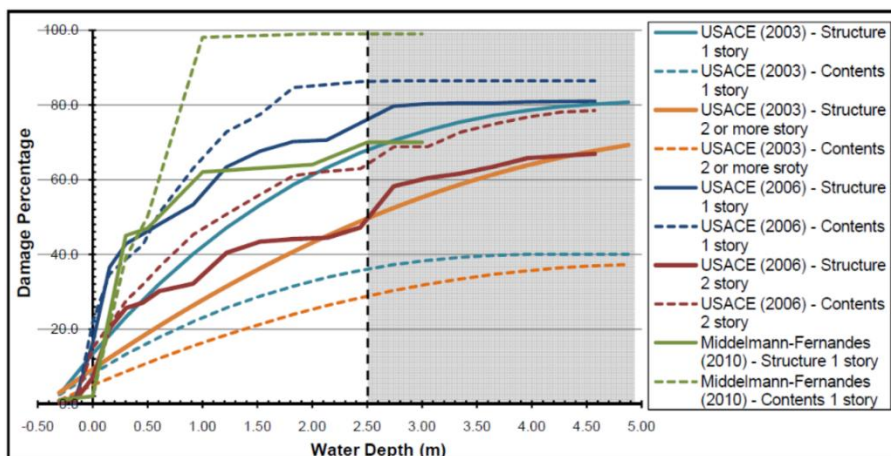
بر اساس مشخصات جریان (عمق، سرعت و ...)، خسارت وارد بر ساختمان به صورت میزان خسارت وارده بر هر یک از المان‌های آن از قبیل کف، دیوار، محتویات آن و ... تعریف می‌گردد. درصد خسارت نیز بر اساس درصدی از کل هزینه تعمیر و یا تعویض سازه و محتویات آن در نظر گرفته می‌شود [۴].

پارامترهای متعددی در ایجاد خسارت سیل دخالت دارند که می‌توان به عمق آب، سرعت جریان، زمان آب‌گرفتگی، آلودگی آب، بار رسوب، سن و نوع مصالح سازه، زمان هشدار سیل و تجربه سیل‌های قبلی اشاره کرد [۵]. از میان تمامی موارد فوق تنها عمق جریان به صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد در حالی که سرعت جریان نقش مهمی در خسارت سیل ایفا کرده و با اعمال نیروی بیشتر بر سازه خطر تخریب آن را افزایش می‌دهد [۶].

خدایی سرعت جریان آب و زمان فرار در مدیریت بحران سیلاب ناشی از شکست سد را مورد بررسی قرار داد. او با تهیه نقشه‌های مخاطره آب‌گرفتگی و سرعت جریان و استفاده از روش ماتریس مخاطره، نقشه‌های تلفیقی سرعت و عمق آب‌گرفتگی را ارائه داد [۷].

شکل ۱ روابط عمق - خسارت ارائه شده توسط USACE<sup>۱</sup> در سال ۲۰۰۶ و Middlemann - Fernandes در سال ۲۰۱۰ را برای ساختمان‌های مسکونی نشان می‌دهد. منحنی عمق - خسارت نشان‌دهنده خسارت وارد شده به ساختمان و یا محتویات آن‌ها در عمق‌های مختلف است که به صورت مطلق یا نسبی بیان می‌شود. در حالت مطلق، خسارت وارده به صورت نرخ و در واحد ساختمان و یا سطح بیان شده حال آنکه در حالت نسبی به صورت درصد خسارت وارده به ساختمان و یا وسایل موجود در آن بیان می‌شود [۸].





شکل ۱- نمودار عمق - خسارت (USACE و Middlemann-Fernandes) [۴]

شکست سازه را می‌توان در یک محدوده‌ای از ترکیب عمق و سرعت بیان نمود. در عمق‌های کم، سرعت بیش از  $2 \frac{m}{s}$  می‌تواند با آب شستگی پایداری پی سازه را به خطر بیندازد درحالی‌که در سرعت‌های کم می‌توان خرابی سازه‌های سبک را در اثر فشار آب متصور شد [۴].

USACE در سال ۱۹۸۵ منحنی فروپاشی ساختمان را با توجه به عمق و سرعت سیلاب برای چهار دسته ساختمان‌های با ۱- تیرها و ستون‌های فولادی با دیوار غیر باربر ۲- تیرها و ستون‌های بتن مسلح با دیوار غیر باربر ۳- دیوارهای باربر بتنی یا بنایی ۴- کلاف قائم چوبی یا فولادی در دیوارهای باربر چوبی یا فولادی به دست آورد [۹]. نمونه‌ای از این منحنی‌های فروپاشی برای ساختمان‌های ۱ الی ۳ طبقه در شکل ۳ نشان داده شده که با توجه به آن‌ها می‌توان پایداری سازه را برای یک سرعت و عمق مربوطه بررسی نمود.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت آب



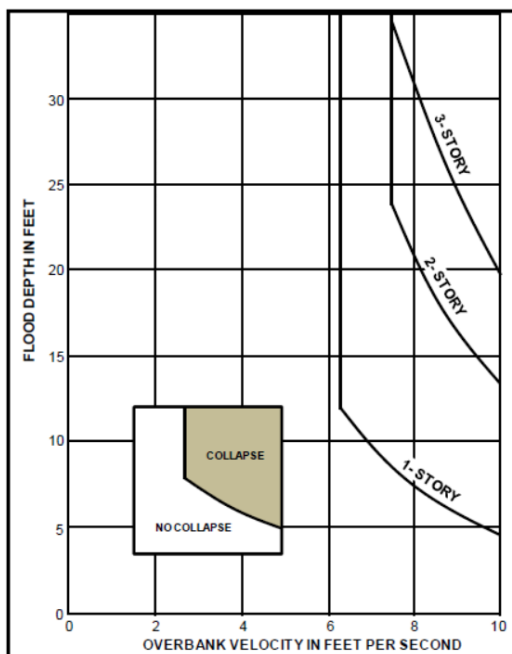
وزارت محیط زیست



وزارت دامپزشکی

شرکت مدیریت منابع آب ایران





شکل ۲- منحنی شکست ساختمان - با دیوار بتنی یا بنایی [۹]

ترکیب سرعت و عمق نیز مورد توجه برخی محققان قرار گرفته است. Clausen در سال ۱۹۸۹ با استفاده از رابطه اندازه حرکت، حاصل ضرب  $h \times v$  (دارای بعد دبی ویژه) را به عنوان معیاری برای تخمین خسارت ساختمان‌ها و به صورت زیر تعریف کرد (رابطه ۱) [۱۰].

$$P = m \times v = \rho \times V \times v = \rho \times A \times (h \times v) = \text{Constant} \times (h \times v) \quad (1)$$

در روابط فوق  $\rho$  چگالی آب،  $A$  سطح مقطع بلوکی از جریان،  $h$  عمق آب و  $v$  سرعت جریان می باشد. Clausen خسارت وارد بر ساختمان‌ها را بر اساس مؤلفه‌های عمق و سرعت جریان در محدوده‌های زیرارائه نمود (روابط ۲ تا ۴).

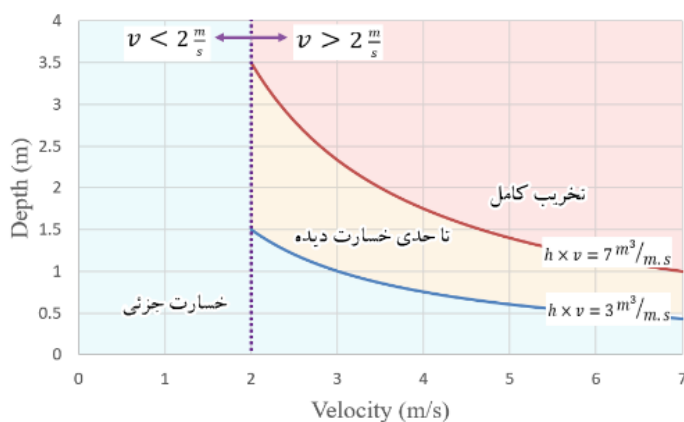
$$v < 2 \frac{m}{s} \text{ یا } h \times v < 3 \frac{m^3}{m.s} \rightarrow \text{خسارت ناچیز} \quad (2)$$

$$v > 2 \frac{m}{s} \text{ و } 3 < h \times v < 7 \frac{m^3}{m.s} \rightarrow \text{تا حدی خسارت دیده} \quad (3)$$

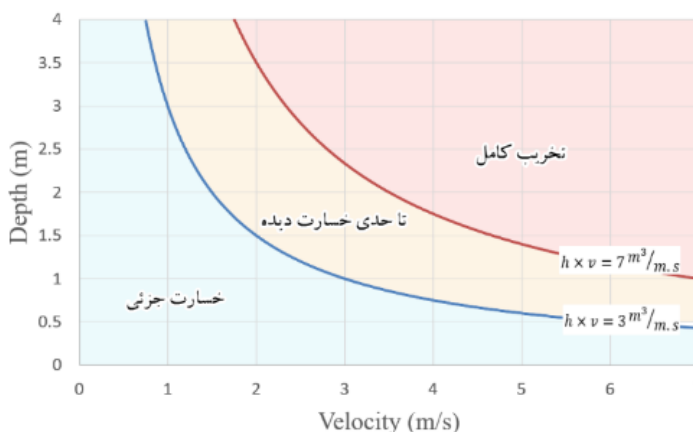
$$v > 2 \frac{m}{s} \text{ و } h \times v < 7 \frac{m^3}{m.s} \rightarrow \text{تخریب کامل} \quad (4)$$



Pistrika and Jonkman در سال ۲۰۱۰ نتایج Clausen را مورد بررسی قرار دادند و اعلام داشتند که در نظر گرفتن سرعت و عمق - سرعت منجر به عدم دقت کافی مدل می‌شود از این رو در مدل خود تنها معیار عمق - سرعت را در نظر گرفتند. شکل ۳ معیارهای Clausen و Pistrika and Jonkman را نشان می‌دهد [۱۰].



الف



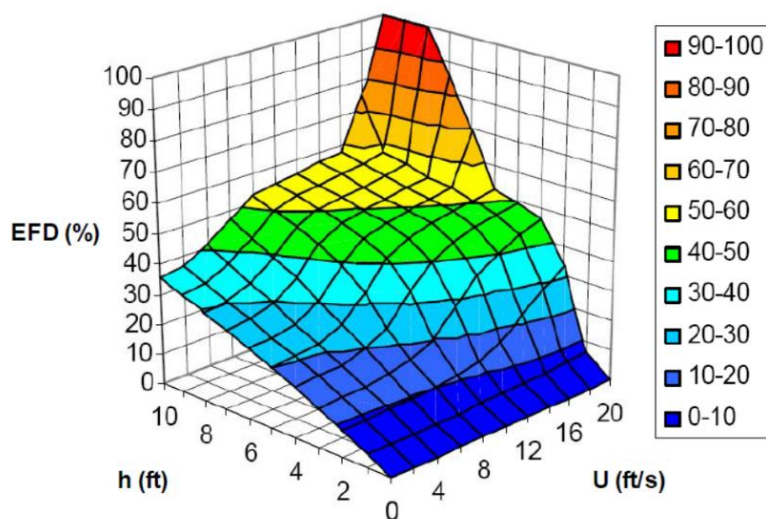
ب

شکل ۳- معیار ارزیابی خسارت [۱۰] الف- Clausen (1989) ب- Pistrika and Jonkman (2010)





همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج Clausen و Pistrika and Jonkman در سرعت‌های بیش‌تر از  $2 \frac{m}{s}$  یکسان است. تفاوت مدل‌های فوق در سرعت‌های کمتر از  $2 \frac{m}{s}$  می‌باشد که در مدل Clausen تنها اثر عمق جریان بر خسارت سیل در نظر گرفته شده است. Nadal در سال ۲۰۰۹ ماتریس آسیب‌پذیری را با توجه به عمق و سرعت جریان برای ساختمان‌های مسکونی بتنی با قاب بتن مسلح، دیوار بتنی، در، پنجره و تجهیزات و برای سه نوع سیلاب رودخانه‌ای، امواج دریا و سونامی ارائه داد (شکل ۴) [۱۱]. باید در نظر داشت با توجه به اینکه Nadal نتایج خود را تنها برای ساختمان‌های بتنی ارائه داد، استفاده از آن‌ها برای سایر ساختمان‌ها مشکل است [۴].



شکل ۴- خسارت مورد انتظار برای سیل امواج دریا [۱۱]

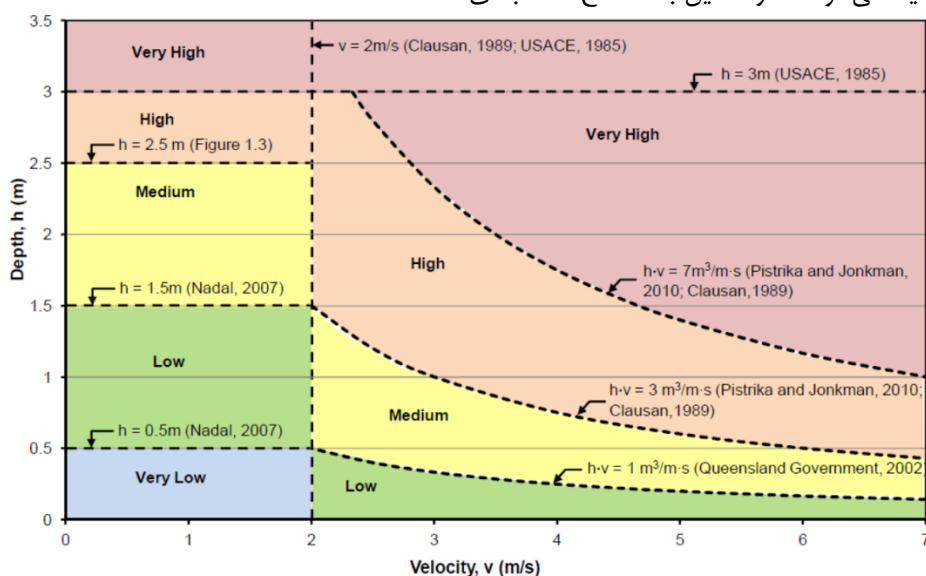
Dassanayake و همکاران در سال ۲۰۱۲ مدل زیر را برای به دست آوردن خسارت ساختمان‌های فرهنگی (ساختمان‌های تاریخی، موزه‌ها و ...) و با استفاده از سرعت و عمق جریان ارائه دادند. آن‌ها با در نظر گرفتن مدل Clausen و اضافه کردن معیارهای زیر (جدول ۱) مدل خود را ایجاد نمودند [۴].



جدول ۱- معیارهای خسارت

| سطح خسارت | معیار خسارت برای سرعت بیشتر از $2 \frac{m}{s}$ | معیار خسارت برای سرعت کمتر از $2 \frac{m}{s}$        |
|-----------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| خیلی کم   | $h < 0.5m$                                     | -                                                    |
| کم        | $0.5m < h < 1.5m$                              | $h \times v < 1 \frac{m^3}{m.s}$                     |
| متوسط     | $1.5m < h < 2.5m$                              | $1 \frac{m^3}{m.s} < h \times v < 3 \frac{m^3}{m.s}$ |
| زیاد      | $2.5m < h < 3m$                                | $3 \frac{m^3}{m.s} < h \times v < 7 \frac{m^3}{m.s}$ |
| خیلی زیاد | $h > 3m$                                       | $h > 3m$ یا $h \times v > 7 \frac{m^3}{m.s}$         |

با اضافه نمودن معیارهای بالا به مدل Clausen شکل ۵ ایجاد می‌گردد. همان‌طور که در شکل ۵ دیده می‌شود خسارت سیل به ۵ سطح دسته‌بندی شده است.



شکل ۵- مدل Dassanayake و همکاران برای ساختمان‌های فرهنگی [۴]

مرور تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که سرعت جریان به‌عنوان یک پارامتر مؤثر در خسارت سیل بسیار کمتر از عمق در نظر گرفته شده است. تحقیقات صورت گرفته بر روی اثر سرعت جریان را می‌توان در سه دسته کلی دسته‌بندی نمود. دسته اول با تعیین آستانه‌هایی خرابی یا عدم خرابی یک





ساختمان را مورد بررسی قرار می‌دهد (از این میان می‌توان به منحنی‌های ارائه شده توسط USACE اشاره نمود). دسته دوم آن‌هایی هستند که براساس عمق و سرعت جریان بازه‌هایی را برای خسارت ساختمان ارائه داده‌اند (به طور مثال ۰-۲۵٪ و ۲۵-۵۰٪ و یا سطح خطرپذیری ۱ و ۲ و...) که می‌توان به ماتریس خطرپذیری ارائه شده خدایی و مدل Dassanayake اشاره نمود. دسته سوم با بررسی نیروهای استاتیکی و دینامیکی وارد بر ساختمان و با انجام آنالیزهای سازه‌ای، درصد خرابی سازه را مورد بررسی قرار داده‌اند (مانند ماتریس آسیب‌پذیری Nadal).

ضعف دسته اول و دوم در برآورد خسارت سیل، عدم دقت کافی آن‌ها در خسارت برآورد شده می‌باشد چراکه برای هر عمق و سرعت یک بازه اعلام می‌گردد و عددی واحد نیست. دسته سوم با اینکه مقادیر خسارت را برای هر عمق و سرعت به صورت رقومی نشان می‌دهد، تنها می‌تواند برای موارد مشابه استفاده شود. به طور مثال ماتریس خطرپذیری Nadal تنها برای ساختمان‌های بتنی ارائه شده است و نمی‌تواند در سایر انواع ساختمان‌ها مورد استفاده قرار گیرد. در مقاله حاضر به منظور برطرف نمودن خلأهای موجود، با استفاده از عمق و سرعت جریان مدلی ارائه شد که ضمن سادگی می‌تواند خسارت مورد انتظار سیل را به صورت رقومی ارائه دهد.

## ۲. روش توسعه مدل پیشنهادی

در شکل ۶ مراحل توسعه مدل پیشنهادی در قالب یک روندنما نشان داده شده است. در این مقاله با استفاده از روابط انرژی ویژه جریان برای سرعت‌های کمتر از  $2 \frac{m}{s}$  و اندازه حرکت برای سرعت‌های بیشتر از آن، مدلی برای تخمین خسارت سیل بر ساختمان با در نظر گرفتن پارامترهای سرعت و عمق جریان ارائه شده است. توسعه مدل پیشنهادی، نیازمند به دست آوردن منحنی عمق-خسارت در تمامی مقادیر سرعت است. نیاز به برازش منحنی در تمامی محدوده سرعت، استفاده از یک زبان برنامه‌نویسی را اجتناب‌ناپذیر می‌کند. در این مقاله از زبان برنامه‌نویسی R برای به دست آوردن سطوح خطر D1 و D2 (توضیح در قسمت ج) و ایجاد حلقه مزبور استفاده گردید. در زیر مراحل ایجاد مدل به ترتیب دنبال می‌شود:

الف - رسم منحنی‌های  $h \times v = 3, 5, 11$  برای سرعت‌های بیشتر از  $2 \frac{m}{s}$



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

در مدل پیشنهادی حاضر از منحنی‌های Clausen ( $h \times v = 3,5$ ) برای سرعت‌های بیشتر از  $2 \frac{m}{s}$  استفاده شده است. بر اساس نتایج<sup>۱</sup> UNSW جریان‌های با عمق ۴ متر و سرعت  $10 \frac{km}{h}$  بسیاری از انواع زیربنای ساخته شده را از بین برده و اکثر ساختمان‌ها را تحت فشار قرار می‌دهند [دهند مقدار  $h \times v$  این جریان حدود ۱۱ می‌باشد که آستانه تخریب نهایی در نظر گرفته شده است. رسم منحنی‌های مذکور برای سرعت‌های بیشتر از  $2 \frac{m}{s}$  در شکل ۷ نشان داده شده است.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



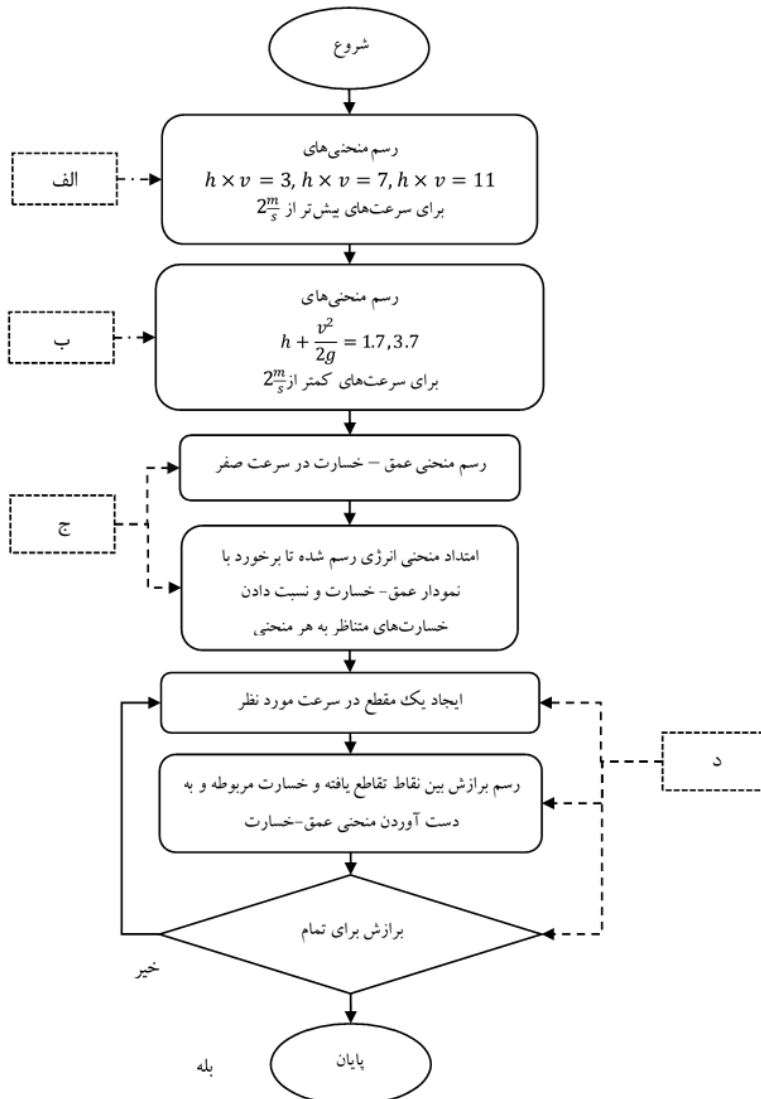
پژوهشکده سوانح طبیعی



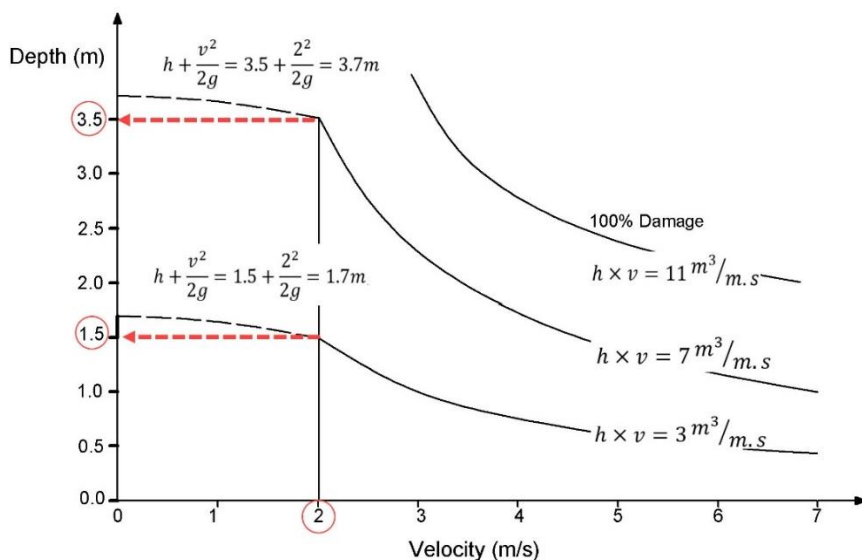
شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir

<sup>1</sup> University of New South Wales



شکل ۶- روندنمای توسعه مدل



شکل ۷- اصلاح منحنی برای سرعت‌های کمتر از ۲ متر بر ثانیه

ب- رسم منحنی  $h + \frac{v^2}{2g} = 1.7, 3.7$  برای سرعت‌های کمتر از  $2 \frac{m}{s}$

بر اساس نتایج Kreibich در سال ۲۰۰۹ هجری می‌تواند به عنوان یک پارامتر مؤثر و قابل اطمینان در پیش‌بینی خسارت سیل‌های با هجری بیشتر از ۲ متر در نظر گرفته شود [۶]. از این روش اصلاح منحنی‌ها برای سرعت‌های کمتر از  $2 \frac{m}{s}$ ، مستلزم به دست آوردن انرژی جریان در آن سرعت است. محاسبه این مقدار برای منحنی‌های  $h \times v = 3, 7$  اعداد  $1.7$  و  $3.7$  را به دست می‌دهد که می‌توان با استفاده از رابطه  $h + \frac{v^2}{2g} = 1.7, 3.7$  منحنی‌های انرژی جریان را رسم نمود.

ج- رسم نمودار عمق - خسارت در سرعت صفر و محاسبه خسارت متناظر با هر منحنی حال منحنی عمق - خسارت موجود را در سرعت صفر رسم نموده و برای یافتن مقادیر خسارت متناظر با هر منحنی  $h + \frac{v^2}{2g}$  و  $h \times v$ ، آن را تا برخورد با منحنی عمق - خسارت امتداد می‌دهیم. همان‌طور که در شکل ۸ نشان داده شده است، خسارت  $D_1$  و  $D_2$  به دست آمده از این روش متناظر با خسارت سیل در تمام ترکیب عمق و سرعت‌هایی که بر روی این دو منحنی قرار می‌گیرند در نظر گرفته شده است. به این معنا که تمام نقاط واقع بر روی منحنی ۱ خسارتی برابر با  $D_1$ ، تمام نقاط



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی

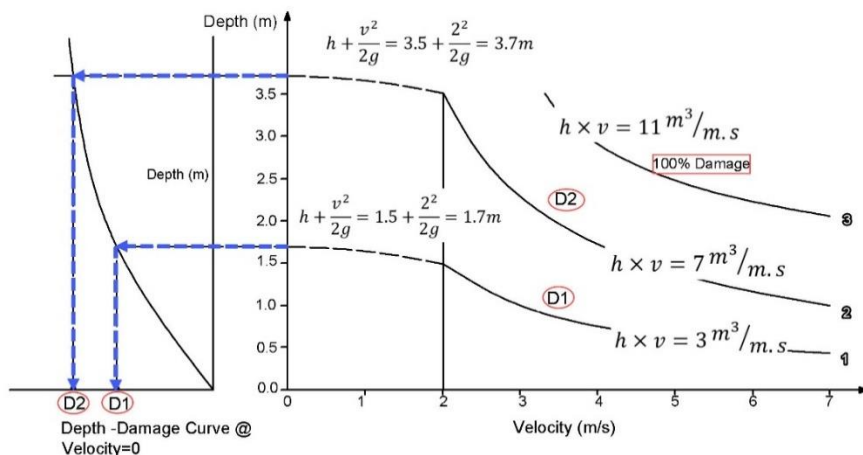


شرکت مدیریت منابع آب ایران





واقع بر منحنی ۲ خسارتی معادل  $D_2$  و تمام نقاط واقع بر روی منحنی  $h \times v = 11$  خسارتی معادل با ۱۰۰٪ خواهند داشت.



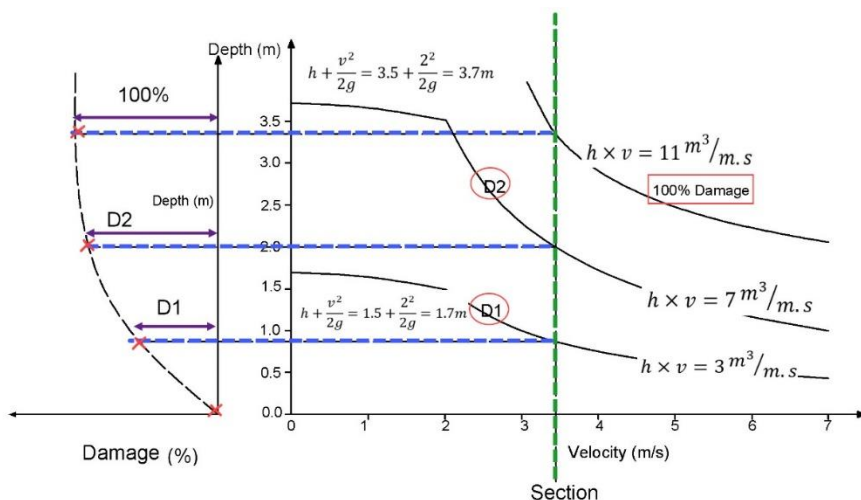
شکل ۸- به دست آوردن خسارت متناظر با هر منحنی  $h \times v$  و اضافه نمودن  $h \times v = 11$  به عنوان آستانه تخریب کامل

د- رسم منحنی عمق- خسارت در سرعت‌های مختلف

شکل ۹ نحوه رسم منحنی عمق- خسارت را در یک سرعت مشخص نشان می‌دهد. بدین منظور می‌بایست در سرعت مورد نظر مقطع زده شده و بین تمام مقادیر عمق و خسارت به دست آمده از تقاطع، برآزش داده شود. روابط ۵ و ۶ مختصات نقاط تقاطع یافته را برای سرعت‌های کمتر و بیشتر از  $2 \frac{m}{s}$  نشان می‌دهد.

$$v > 2 \frac{m}{s} \rightarrow [0,0], \left[\frac{3}{v}, D_1\right], \left[\frac{7}{v}, D_2\right], \left[\frac{11}{v}, 100\right] \quad (5)$$

$$v < 2 \frac{m}{s} \rightarrow [0,0], \left[1.7 - \frac{v^2}{2g}, D_1\right], \left[3.7 - \frac{v^2}{2g}, D_2\right], \left[5.7 - \frac{v^2}{2g}, 100\right] \quad (6)$$



شکل ۹- نحوه مقطع زنی از منحنی و برازش بین مقادیر عمق- خسارت در سرعت مشخص

با تکرار این روند برای تمامی مقادیر سرعت (همانند شکل ۱۰) پوسته‌ای ساخته می‌شود که مقدار خسارت را در هر عمق و سرعت نشان می‌دهد. باید توجه داشت که هرچند منحنی انرژی جریان متناظر با  $h \times v = 11$ ، در به دست آوردن خسارت متناظر با منحنی  $h \times v = 11$  شرکت نداشت ولیکن به عنوان مختصات چهارم در برازش منحنی‌های با سرعت کمتر از  $2 \frac{m}{s}$  مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا مختصات  $[5.7 - \frac{v^2}{2g}, 100]$  در تمامی برازش‌های با سرعت کمتر از  $2 \frac{m}{s}$  مورد استفاده قرار می‌گیرد.





وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



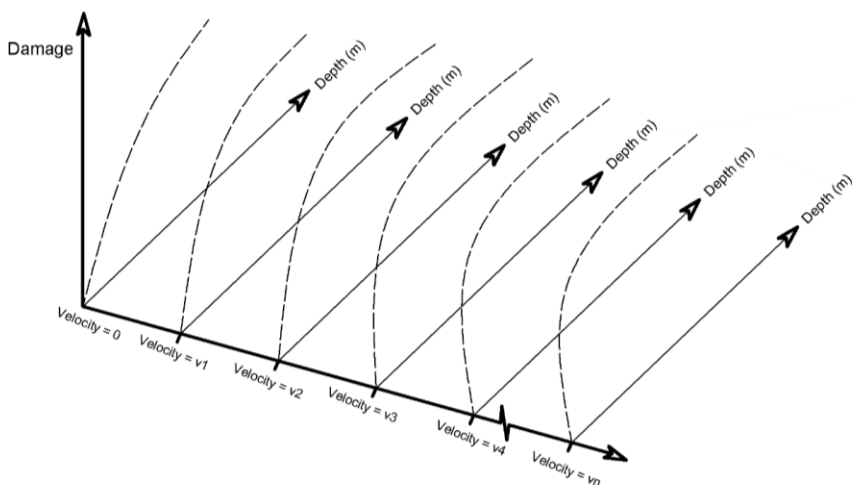
وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



شکل ۱۰- برازش منحنی بین مقادیر (Damage=0, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, 100%) و عمق‌های متناظر در تمامی مقادیر سرعت

### ۳. ارائه و تحلیل نتایج

پوسته شکل ۱۱-الف از برازش بین مقادیر عمق و خسارت در تمامی محدوده‌های سرعت به دست آمده است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، به ازای یک خسارت ثابت با افزایش سرعت، عمق کاهش می‌یابد که کاملاً منطقی است. شکل ۱۱-ب نیز خطوط تراز تشکیل‌دهنده پوسته را نشان می‌دهد که به وضوح منحنی‌های  $h \times v = \text{var}$  و  $h + \frac{v^2}{2g} = \text{var}$  در آن دیده می‌شود.

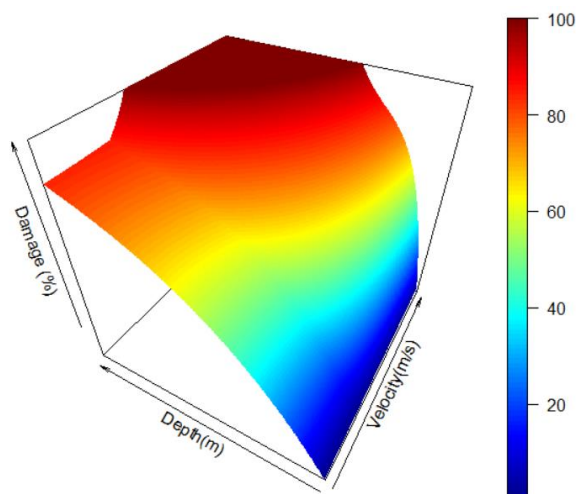


با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

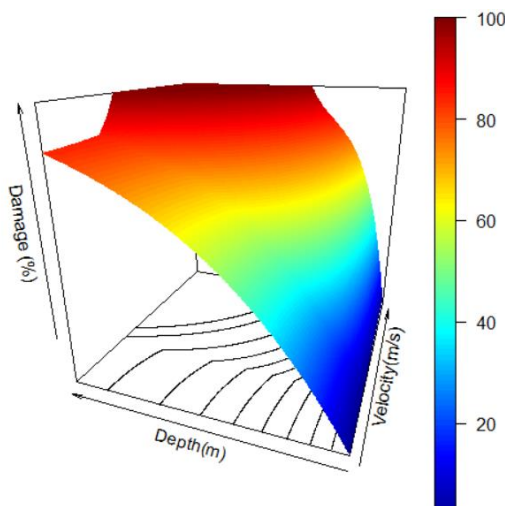
# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



الف



ب

شکل ۱۱- نتایج حاصل از برازش بین مقادیر خسارت و عمق در محدوده سرعت



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir



جدول ۲ نتایج ماتریس آسیب پذیری Nadal را نشان می‌دهد. به منظور بررسی عملکرد مدل پیشنهادی، مقادیر عمق- خسارت (در سرعت صفر) با روش جدید توسعه داده شد و نتایج آن با سایر مقادیر جدول ۱ مقایسه گردید. شاخص‌های آماری مینیمم، ماکزیمم، میانگین (رابطه ۷) و انحراف معیار (رابطه ۸) مقادیر خطای مطلق (رابطه ۹) برای مقایسه بهتر نتایج در جدول ۵ ارائه شده است. در روابط زیر  $\mu$  میانگین،  $\sigma$  انحراف معیار،  $x_0$  مقدار واقعی (درصد خسارت در جداول ۲)،  $x$  مقدار محاسبه شده (درصد خسارت به دست آمده از توسعه با روش ارائه شده) و  $\Delta x$  خطای مطلق مدل می‌باشند.

$$\mu = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n x_i \quad (7)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \mu)^2}{N}} \quad (8)$$

$$\Delta x = |x_0 - x| \quad (9)$$

جدول ۲- مقادیر درصد خسارت سیل [۴]

| $v(ft/s)$<br>$h(ft)$ | 0    | 2    | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0                    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 1                    | 4.3  | 4.3  | 4.3  | 4.3  | 4.3  | 4.5  | 4.7  | 5.1  | 5.5  | 5.9  | 6.5  |
| 2                    | 9.1  | 9.1  | 9.4  | 9.5  | 10.1 | 11.1 | 12.5 | 15.9 | 22   | 28.1 | 33.3 |
| 3                    | 13   | 13.5 | 13.6 | 14.6 | 16.5 | 19.8 | 28.1 | 35.3 | 40.3 | 43.8 | 46.3 |
| 4                    | 16   | 17.2 | 17.5 | 19.9 | 23.5 | 33.3 | 40   | 44.1 | 46.6 | 48.3 | 49.7 |
| 5                    | 20   | 20.6 | 21.3 | 25.3 | 32.7 | 41.4 | 45.6 | 47.7 | 49.1 | 50.4 | 51.6 |
| 6                    | 23.3 | 23.9 | 25.5 | 30.4 | 39.2 | 45.7 | 48.3 | 49.7 | 50.9 | 52.1 | 69.4 |
| 7                    | 26.5 | 27.2 | 29.6 | 35.1 | 43.8 | 48.2 | 49.9 | 51   | 52.3 | 53.6 | 85.6 |
| 8                    | 29.6 | 30.3 | 33.4 | 39.3 | 47.3 | 50.5 | 51.8 | 52.9 | 54.1 | 55.5 | 100  |
| 9                    | 32.7 | 33.4 | 37.2 | 43.3 | 50.1 | 52.5 | 53.6 | 54.7 | 55.9 | 57.3 | 100  |
| 10                   | 35.7 | 36.4 | 41   | 47.1 | 52.4 | 54.4 | 55.3 | 56.3 | 57.5 | 74.9 | 100  |



جدول ۳- مقایسه مقادیر خطای مطلق درصد خسارت سیل (مدل پیشنهادی و نتایج Nadal)

| $v(ft/s)$<br>$h(ft)$ | 0    | 2    | 4    | 6     | 8     | 10    | 12    | 14    | 16    | 18    | 20    |
|----------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0                    | 0.20 | 0.20 | 0.21 | 0.22  | 0.27  | 0.33  | 0.40  | 0.47  | 0.53  | 0.60  | 0.67  |
| 1                    | 1.19 | 1.24 | 1.38 | 1.65  | 2.94  | 4.32  | 5.61  | 6.62  | 7.56  | 8.42  | 9.02  |
| 2                    | 1.15 | 1.23 | 1.20 | 1.58  | 3.13  | 4.62  | 5.46  | 4.10  | 0.13  | 4.49  | 8.02  |
| 3                    | 1.12 | 0.73 | 0.98 | 0.62  | 1.39  | 1.07  | 4.57  | 9.30  | 11.89 | 12.89 | 12.68 |
| 4                    | 1.52 | 0.46 | 0.58 | 1.06  | 1.63  | 8.02  | 11.48 | 12.18 | 10.80 | 7.81  | 3.39  |
| 5                    | 0.39 | 0.05 | 0.28 | 3.44  | 7.48  | 12.13 | 11.92 | 8.62  | 3.00  | 4.96  | 15.91 |
| 6                    | 0.22 | 0.65 | 1.73 | 5.72  | 10.68 | 11.92 | 7.81  | 0.05  | 11.76 | 28.22 | 30.60 |
| 7                    | 0.93 | 1.45 | 3.29 | 7.83  | 11.94 | 9.08  | 0.33  | 13.94 | 34.67 | 46.40 | 14.40 |
| 8                    | 1.41 | 1.92 | 4.42 | 9.30  | 11.50 | 4.19  | 10.86 | 34.56 | 45.90 | 44.50 | 0.00  |
| 9                    | 1.69 | 2.18 | 5.34 | 10.34 | 9.53  | 3.35  | 27.06 | 45.30 | 44.10 | 42.70 | 0.00  |
| 10                   | 1.60 | 2.07 | 5.97 | 10.88 | 6.09  | 13.56 | 44.70 | 43.70 | 42.50 | 25.10 | 0.00  |

جدول ۳ نتایج خطای مطلق را برای مدل توسعه داده شده نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول فوق دیده می‌شود خطای مطلق درصد خسارت سیل در اکثر نقاط مقداری کمتر از ۱۰٪ را نشان می‌دهد که بیانگر دقت خوب مدل در برآورد خسارت مورد انتظار می‌باشد. قسمت‌هایی از جدول فوق نیز مقادیر بالای ۴۰٪ را نشان می‌دهند که باید گفت محاسبه فرود جریان در آن‌ها مقداری بیش از ۱٪ را نشان می‌دهد. باید در نظر داشت که در واقعیت رخداد سیلابی با چنین مؤلفه‌هایی از عمق و سرعت جریان بسیار کم است و لذا در محاسبه خسارت مورد انتظار سیل در ساختمان کمتر دخالت می‌کنند. فلش نشان داده شده در جدول نیز وضعیتی از جریان با سرعت کمتر از  $2 \frac{m}{s}$  را نشان می‌دهد. میانگین ۲٫۳۱ خطای مطلق سیل نیز در محدوده مزبور دقت بالای مدل را در تخمین خسارت مورد انتظار سیل با سرعت‌های کمتر از  $2 \frac{m}{s}$  نشان می‌دهد.

تحلیل شاخص‌های آماری جدول ۳ نشان می‌دهد که وجود مقادیر ماکزیمم ۴۶٫۴ خطای مطلق تنها در قسمت اندکی از مدل ایجاد شده است چرا که میانگین کل مقادیر عدد ۸٫۹۵ را نشان می‌دهد. انحراف معیار ۱۲٫۲۸ مدل نیز بیانگر آن است که نتایج مدل در محدوده کمی از مقادیر جدول ۲ تغییر می‌کند که بر معتبر بودن مدل تأکید می‌کند.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



#### ۴. نتیجه‌گیری

در تحقیقات قبلی خسارت سیل بر ساختمان عمدتاً بر اساس عمق جریان برآورد شده است. مطالعاتی نیز درباره اثر سرعت جریان انجام شده که دارای نقاط ضعفی از جمله: دقت کمتر مدل، نحوه ارائه نتایج و یا شرایط خاص استفاده از آن‌ها است. در این مقاله با توجه به اهمیت سرعت جریان در برآورد خسارت مورد انتظار سیل و نیاز به تدقیق روش‌های قبلی، با استفاده از روابط اندازه حرکت در سرعت‌های بیشتر از  $2 \frac{m}{s}$  و رابطه انرژی ویژه در سرعت کمتر از آن لی رقومی برای تخمین خسارت سیل با استفاده از عمق و سرعت جریان ارائه شد. مقایسه نتایج مدل حاضر با نتایج Nadal نشانگر دقت مناسب مدل می‌باشد (میانگین خطای مطلق کمتر از ۹٪). توانایی مدل در ارائه نتایج به صورت رقومی در افزایش دقت برآورد خسارت مؤثر است به این معنا که برای هر عمق و سرعت جریان مقدار متناظری از خسارت سیل ارائه می‌گردد. کاربردی بودن مدل برای انواع ساختمان‌ها (بتنی، فولادی، مصالح بنایی و ...) در کنار سادگی آن از دیگر مزایای مدل است. چرا که به راحتی می‌تواند نتایج عمق - خسارت را به عنوان ورودی دریافت کرده و منحنی تلفیقی سرعت و عمق را ایجاد نماید.

#### ۵. مراجع

۱. مارسل مارشان. (۱۳۹۲)، "مدیریت ریسک سیل (آشنایی با برخی تجارب مدیریت ریسک سیل در هلند)"، ترجمه سعید پورشهدی و سمیه مؤمنی، چاپ اول، انتشارات آوای قلم.
۲. سلیمانی هرق، ابراهیم. بابایی، جواد. صادقی، فاطمه و شکری، صمد (۱۳۹۴)، "اپیدمیولوژی سیلاب‌های شهری در ایران در سال ۱۳۹۱"، سومین کنفرانس ملی مدیریت و مهندسی سیلاب با رویکرد سیلاب‌های شهری، تهران.
3. Dassanayake, D. R., Burzel, A., Kortenhaus, A., & Oumeraci, H. (2010). Framework and methods for the evaluation of intangible losses and their integration in coastal flood risk analysis. XtremRisk Progress Report. Leichtweiß-Institute for Hydraulic Engineering and Water Resources, Technische Universität Braunschweig.
4. Dassanayake, D. R., Burzel, A., & Oumeraci, H. (2012). Evaluation of cultural losses. XtremRisk Progress Report. Leichtweiß-Institute for Hydraulic Engineering and Water Resources, Technische Universität Braunschweig.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

5. Middelmann-Fernandes, M. H. (2010). Flood damage estimation beyond stage-damage functions: an Australian example. *Journal of Flood Risk Management*, 3 (1), 88-96.
6. Kreibich, H., Piroth, K., Seifert, I., Maiwald, H., Kunert, U., Schwarz, J., ... & Thieken, A. H. (2009). Is flow velocity a significant parameter in flood damage modelling. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9(5), 1679.
۷. خدایی، مسعود. عطاری، جلال و بنی هاشمی، محمدعلی (۱۳۸۸)، "نقش سرعت جریان و زمان فرار در مدیریت بحران سیلاب ناشی از شکست سد (مطالعه موردی سد گلستان ۱)"، هشتمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، شیراز
8. Viavattene, C., Micou, P., Owen, D., Priest, S. J., & Parker, D. J. (2015). *Library of Coastal Vulnerability Indicators guidance document*.
9. USACE – U.S. Army Corps of Engineers (1985): business depth-damage analysis procedures. Institute for Water Resources Water Resources Support Center, U.S. Army Corps of Engineers, Ft. Belvoir, Virginia.
10. Pistrika, A. K., & Jonkman, S. N. (2010). Damage to residential buildings due to flooding of New Orleans after hurricane Katrina. *Natural Hazards*, 54(2), 413-434.
11. Nadal, N. C., Zapata, R. E., Pagán, I., López, R., & Agudelo, J. (2009). Building damage due to riverine and coastal floods. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 136(3), 327-336.
12. Smith, G. P. (2015). Expert opinion: Stability of people, vehicles and buildings in flood water. WRL Technical Report 2015/11.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سواحل طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦♦♦  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir ♦♦♦ info@ifmc.ir





HN-00290010



## سیستم‌ها و روش‌های پادسیل‌سازی مناطق مسکونی بر اساس تجربیات و استانداردهای بین‌المللی

سید مهدی سیدکلبدی<sup>۱\*</sup>، رمضانعلی الوند<sup>۲</sup>، افراسیاب میرزایی، بهروز شعبانی

۱- کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی تهران؛

Mahdi.kolbadi@sina.kntu.ac.ir

۲- کارشناسی ارشد مهندسی عمران، موسسه غیرانتفاعی لقمان حکیم گلستان

۳- کارشناسی ارشد مهندسی عمران، موسسه غیرانتفاعی لقمان حکیم گلستان

### چکیده:

پادسیل‌سازی، با عنوان تعریف شده در این مقاله، "هر ترکیبی از تغییرات ساختاری و / یا تنظیماتی است که در طراحی و / یا ساخت و ساز و تغییر ساختمان، سازه و یا خصوصیات فردی در درجه اول برای کاهش آسیب‌های سیل" صورت می‌گیرد. نتایج این تحقیق نشان داد با انجام کارهای معمولی، مانند سازه‌های بلند و آبراهه‌ها و سیلاب‌ها، می‌توان تا میزان زیادی از تأثیر مخرب سیل کاست. علاوه بر این، تکنیک‌های ابتکاری و پیچیده مانند خانه‌های شناور و ایستگاه‌های کنترل سیل با کنترل کامپیوتری نیز شناسایی شدند. نمونه‌هایی از تکنیک‌های مختلف پادسیل‌سازی، مستند شده و در این تحقیق ارائه شده‌اند.

کشور ایران با قرار گرفتن بخش وسیعی از آن در اقلیم خشک و نیمه خشک و همراه بودن با بارش‌های محدود اصولاً نمی‌بایست زیاد در معرض خطر سیل قرار گیرد ولی عواملی نظیر تخریب شدید منابع طبیعی به علت بهره‌برداری بی‌رویه از مراتع و جنگل‌ها، تغییر کاربری اراضی و تبدیل آن‌ها به اراضی کشاورزی نامناسب یا ساخت بی‌رویه مناطق مسکونی و تغییرات اقلیمی باعث گردیده که خسارات ناشی از سیلاب‌ها سال به سال افزایش یابد. استفاده از روش‌های پادسیل‌سازی که در این راهنما معرفی می‌شوند، علاوه بر هزینه‌های کم‌تری که نسبت به روش‌های مهار سیلاب، دارند می‌توانند در کاهش خسارات سیل نیز تأثیر به‌سزایی داشته باشند.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

این تحقیق در اصل برای نشان دادن انواع تکنیک‌های پادسیل‌سازی در حال حاضر در سراسر مناطق مسکونی مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این، ایده‌های مفهومی را برای فرمول‌بندی طرح‌های اثبات انسداد فرد فراهم می‌کند. باید فهمید که برنامه‌ریزی دقیق، طراحی و ساخت‌وساز برای هر یک از سیستم‌های پادسیل‌سازی موفق مورد نیاز است.

**کلمات کلیدی: پادسیل‌سازی، مدیریت سیلاب، روش‌های پادسیل‌سازی، اقدامات پیشگیرانه.**



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir



## ۱. مقدمه

مؤثرترین روش کاهش سیل، جابجایی و ارتفاع است، ولی زمانی که این روش‌ها قابل مشهود یا هزینه‌بر نیستند، مقاوم‌سازی در برابر سیل ممکن است یک پیشنهاد مناسب باشد. برخی از اقدامات اضطراری می‌تواند بدون کمک ساخت‌وساز متخصص انجام شود و بسیاری از آن‌ها می‌توانند برای سیلاب‌های سطح پایین یا مزاحم مورد استفاده قرار گیرند، درحالی‌که به‌طور قابل توجهی باعث کاهش تلفات این نوع رویدادها می‌شود [۱].

سیلاب دارای چندین جنبه مختلف است مثل اقلیم، اصول اجتماعی، اقتصادی، سازمانی، فنی که به‌صورت متفاوت توسط شرایط شهری و روستایی مورد خطاب واقع شده است. اقلیم سیلاب موجب بررسی شرایط اقلیمی می‌گردد و حتی باعث ایجاد رخداد سیلاب‌ها می‌گردد. در شرایط روستایی، ارائه‌های شدید و کوتاه در رابطه با سدهای ماندگار روی می‌دهد اما در شرایط روستایی، اثرات ماندگار پیرامون قلمروهای محیطی گسترده قرار دارد که در هماهنگی با برف‌های ذوب شده در پایه رودخانه‌ها ایجاد شده است و موجب شناسایی اثرات بیشتر احتمالی می‌گردد [۲].

اصول اجتماعی در رابطه با سیلاب‌ها موجب بررسی شیوه‌هایی می‌گردد که در زمینه‌های مختلف روی داده است. در شرایط شهری، می‌توان به مذاکره در رابطه با شدت و بسامد اختلالات زندگی عمومی و ترافیک پرداخت، درحالی‌که در شرایط منطقه‌ای اصطلاحات متداول در رابطه با فجایع وجود دارد اگرچه بسیاری از راهکارها در رابطه با فجایع روی داده است (مثل اصول مرسوم و از دست دادن دارایی) [۳].

به‌هرحال، سیلاب‌ها ضرورتاً نیاز به ارتباط در راستای توالی‌های فاجعه‌آمیز را ندارند. اقتصاد سیلاب‌ها مرتبط به معضلات مالی در رابطه با رشد سرمایه و حفظ طرح‌های محافظت از سیلاب‌ها است. زه‌کشی طوفان منطقه‌ای و حفاظت از سیلاب عمدتاً تحت مسائل مالی در رابطه با درآمدهای منطقه‌ای قرار دارد مثل مالیات منطقه‌ای، دستمزدهای خدماتی یا مطالبات آزاد کاربرد و جمع‌آوری پایه‌های کاربردی زمین‌ها، درحالی‌که حمایت‌های منطقه‌ای عمدتاً از طریق مالیات عمومی اجرا می‌گردد. سازه‌ها سیلاب‌ها مرتبط به نقش دولت‌ها در پردازش تصمیم‌گیری است. در شرایط منطقه‌ای همه تصمیمات احساسی توسط مؤسسات دولتی منطقه‌ای و شرکت‌های آب صورت





گرفته است درحالی که در رابطه با معضلات منطقه‌ای و وزیران به واریسی مسئولیت‌های کامل و افزایش حضور و سازمان‌دهی غیردولتی نیز پرداختند [۴].

مسائل فنی در رابطه با سیلاب‌ها مرتبط به مفاهیم و آثار است که عمدتاً در حفاظت از سیلاب به کار گرفته می‌شود. در شرایط شهری، مفهوم زه‌کشی دوگانه عمدتاً به صورت متداول به کار گرفته شده است و موجب معرفی تمایز بین خدمات زه‌کشی و حفاظت از سیلاب شهری شده است درحالی که در شرایط گسترده منطقه‌ای، اقدامات کنترل سیلاب به عنوان بخشی از طرح‌های کنترل شده سیلاب گسترده منطقه‌ای و دولتی لحاظ شده است.

این تحقیق تحت برنامه مدیریت خدمات دشت سیلابی مهندسی (FPMS) تهیه شد که از تخصص فنی خود در مدیریت امور دشت سیل برای کمک به افراد برای مقابله با سیل و امور مربوط به دشت سیلابی است. هدف آن حمایت از برنامه‌ریزی مدیریت جامع سیلاب با خدمات فنی و راهنمایی برنامه‌ریزی در تمام سطوح دولتی مناسب و به تبع آن تشویق و راهنمایی آن‌ها برای استفاده عقلانی از دشت سیلاب‌های کشور به نفع اقتصاد ملی و رفاه است [۵].

اکثر مطالب و مستندات در این تحقیق در یک بررسی از ساختارهای پادسیل‌سازی شناسایی شده‌اند. این بررسی به منظور اثبات اثربخشی تکنیک‌های پادسیل‌سازی در ایران برای ساکنین مختلف مناطق دارای خطر سیل انجام شده است. این بررسی عمدتاً بر مبنای اطلاعات منطقه‌ای بود و در بسیاری موارد با اطلاعاتی که از سوی دولت‌های محلی و ایالتی و همچنین سایر ادارات فدرال مربوط به برنامه‌ریزی منابع آب به دست آمده بود، افزوده شد [۶].

نتایج این بررسی تلاش‌های پیشگیرانه برای جلوگیری از سیل توسط افراد در تلاش برای کاهش خسارات ناشی از سیل را نشان داد. بسیاری از تلاش‌های معمولی، مانند سازه‌های بلند و آبراهه‌ها و سیلاب‌ها، یافت شد. علاوه بر این، تکنیک‌های ابتکاری و پیچیده مانند خانه‌های شناور و ایستگاه‌های کنترل سیل با کنترل کامپیوتری مشخص شد. نمونه‌هایی از تکنیک‌های مختلف پادسیل‌سازی، مستند شده و در این تحقیق ارائه شده‌اند.

اکثریت سازه‌های شناسایی شده مسکونی بودند، درحالی که تعداد دفاتر تجاری دارای رتبه دوم بودند. اعتقاد بر این است که ساختارهای مورد بررسی شده، یک بخش نمایشی از ساختارهای ضد



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



سیل را در مناطق مسکونی فراهم می‌کنند. از سازه‌های آزمایش شده با شرایط واقعی سیل، حدود ۵۰ درصد به‌طور مؤثری اثبات شده است.

این مقاله در اصل برای نشان دادن انواع تکنیک‌های پادسیل‌سازی در حال حاضر در سراسر مناطق مسکونی مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این، ایده‌های مفهومی را برای فرمول‌بندی طرح‌های اثبات انسداد فرد فراهم می‌کند. باید فهمید که برنامه‌ریزی دقیق، طراحی و ساخت‌وساز برای هر یک از سیستم‌های پادسیل‌سازی موفق مورد نیاز است.

## ۲. ابعاد مدیریت سیلاب

سیلاب‌ها نمی‌تواند به‌صورت بازدارنده مدیریت باشد اما طرح‌ریزی اقدامات اضطراری از طریق مدیریت سیلاب ایجاد می‌گردد که اغلب می‌تواند موجب کاهش توالی‌های مخرب آن‌ها گردد. سلسله‌بندی مدیریت سیلاب به‌صورت نرمال بعد از یک واقعه سیلاب عمده روی می‌دهد. مردم اغلب دارای برخی اولویت‌های دیگر می‌باشد تا اینکه وقایع عمده روی می‌دهد. در طول تاریخ، روندها در رابطه با سازمان‌دهی مرتبط به آب اغلب به‌عنوان یک واکنش در رابطه با موقعیت‌های اضطراری شدید است. آب موجب ایجاد یک شکاف در رابطه با وقایع عمده می‌گردد طرح‌های کنترل آلودگی بعد از ریزش عمده آلودگی ایجاد می‌گردد. مدیریت سیلاب به‌عنوان یک طیف وسیع در رابطه با فعالیت‌های منابع آب به‌منظور کاهش اثرات مضر بالقوه سیلاب در رابطه با مردم، محیط و اقتصاد منطقه‌ای است. محدودیت عمده روش شناسی مدیریت سیلاب جاری برخاسته از اثرات عمده اقتصادی و توجه به اثرات محیطی و اجتماعی سیلاب‌ها است. عملیات مدیریت سیلاب شهری شامل عامل امنیتی غیر کیفی است؛ زیرا داده‌های اندازه‌گیری شده متجانس آماری از گذشته عمدتاً دارای فقدان‌هایی است و نمی‌تواند موجب پیش‌بینی بسامد رخداد‌های هدایت شده مختلف مثل جریان اوج، حجم‌ها، سیلاب‌ها و غیره گردد [۷].

به‌هرحال، مکان‌هایی وجود دارد که آلودگی حقیقی و داده‌های هدایت شده به‌صورت پیوسته قابل دستیابی است. حقیقتاً، جریان‌های بیرونی خاصی می‌تواند ناشی از بسیاری از ترکیبات شرایط متجانس باشد که اغلب نادیده گرفته می‌شود، دو بارش باران عینی ضرورتاً موجب ایجاد هدایت عینی نمی‌گردد که اغلب به‌خاطر شرایط مختلف احتمالی بر پایه زه‌کشی است؛ بنابراین، روش‌های



مدیریتی سیلاب باید اساساً در رابطه با مدل‌سازی ریاضی روی دهد. حفاظت‌های کلی سیلاب به صورت غیرحقیقی و غیر خردمندانه است. هدف نهایی اتلاف‌های بازدارنده سیلاب موجب رشد کیفی زندگی با کاهش اثرات سیلاب به صورت فردی می‌گردد و همچنین موجب کاهش اتلاف‌های خصوصی و عمومی ناشی از سیلاب هدف مدیریت سیلاب شهری فراهم نمودن یک پاسخ در رابطه با پرداخت کارآمد در راستای احتمالات سیلاب در محیط شهری و واریسی مسائل غیرقطعی مرتبط است [۸].

### ۳. ویژگی‌های سیل، غلظت و فراوانی

مفهوم پادسیل‌سازی به حداقل رساندن آسیب‌های ناشی از سیل به وسیله دور نگه داشتن سیلاب‌ها از اموال آسیب‌پذیر، یا ایجاد اموال کمتر در محل حساس برای صدمه در هنگام سیلاب‌ها می‌باشد. برای موفقیت، تلاش برای پادسیل‌سازی باید ویژگی‌های سیل محلی مانند فراوانی، عمق، مدت زمان، سرعت و شاید کیفیت آب را در نظر بگیرد. این ویژگی‌ها به طور گسترده‌ای، از سیل‌های کند، بلندمدت و طولانی مدت مرتبط با اکثر رودخانه‌های تند متفاوت است که به "سیل‌های فوری" که معمولاً در جریان‌های کوچک مشاهده می‌شود، دیده می‌شود. سیلاب‌های ساحلی ناشی از طوفان‌ها و یا سایر سیستم‌های آب و هوایی خشونت‌آمیز، ویژگی‌های منحصر به فرد خود را در رابطه با باد، موج و فرسایش ساحل دارند. با صرف نظر از منبع سیل، یک تلاش اثبات شده موفق برای سیلاب باید به منظور مقاومت در برابر شرایط سیلابی که در سایت‌ها رخ می‌دهد طراحی شود [۹].

فراوانی سیل و ارتفاع آن مهم‌ترین ویژگی است که باید در طراحی هر پروژه پادسیل‌سازی در نظر گرفت. بسیاری از اقدامات پادسیل‌سازی که در این جزوه شرح داده شده، طراحی شده‌اند تا از بالاترین سیلاب رکورد بدون اینکه احتمال وقوع این سیل را تعیین کنند پیشگیری کنند. اگر سیل رکورد یک رویداد مکرر است، سطح حفاظت پایین خواهد بود و ساختار همچنان در معرض آسیب‌های سیل قرار می‌گیرد. خوشبختانه داده‌های مورد نیاز برای طراحی پروژه‌های پادسیل‌سازی در بیشتر مناطق شهری موجود است.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



شرکت مدیریت منابع آب ایران

فراوانی سیلاب صدساله در ابتدا توسط فدرال و غیر فدرال به عنوان یک حداقل سطح معقول از سیل که بر اساس برنامه‌های حفاظت پایه است، شناخته شده است. این سطح سیل بعدها توسط برنامه ملی بیمه سیل آمریکا (NFIP) که توسط اداره مدیریت اضطراری فدرال (FEMA) اداره می‌شود، به عنوان یک استاندارد ملی برای تنظیم ساختمان جدید سازه‌ای و همچنین هرگونه بهبود قابل توجه در ساختارهای موجود، ایجاد شده است. محدودیت‌ها و مقادیر برآورد سیلاب سالانه به طور کلی در اکثر مناطق شهری از طریق برنامه FPMS مهندسین فدرال، FEMA، NFIP یا سازمان‌های دولتی محلی در دسترس هستند. در مورد رویداد این صد سال چیز جادویی وجود ندارد؛ سیلاب بزرگتر از این هم می‌تواند و رخ می‌دهد (۱۰ و ۱۱).

در مواردی که سیل باعث خسارت و زیان قابل توجهی می‌شود، سیلاب شدید باید مورد ملاحظه قرار گیرد. پروژه استاندارد سیل و فراوانی سیلاب ۵۰۰ ساله به عنوان حد بالایی از سیلاب‌های احتمالی برای برنامه‌ریزی و برنامه‌ریزی ساختارهای حیاتی (بیمارستان‌ها، مدارس و غیره) مورد استفاده قرار می‌گیرد که در آن سیل می‌تواند منجر به آسیب‌های فاجعه‌بار و یا از دست دادن زندگی شود. گستره وسیعی از شرایط سیلاب و مکان‌های جغرافیایی را پوشش می‌دهند و لزوماً براساس طراحی سیل خاصی نیستند. با این حال، توصیه می‌شود که سطح حفاظت ارائه شده بر اساس توانایی یک وضعیت تهدید کننده زندگی؛ ملاحظات اقتصادی، از جمله کاهش نرخ بیمه سیل؛ و عوامل دیگر وابسته به شرایط محلی باشد.

## ۴. محدودیت‌های مربوط به مقاومت در برابر سیل و اقدامات پیشگیرانه

محدودیت‌های مقاومت در برابر سیل و اقدامات پیشگیرانه برای بررسی زمان مقاومت در برابر سیل شامل موارد متعددی است. خطر باقیمانده، باقی‌مانده قرار گرفتن در معرض از دست دادن پس از حذف و یا به حداقل رساندن تمام خطرات شناخته شده دیگر است. اگرچه با تهیه سیل بیمه می‌تواند خطر مالی‌های باقی‌مانده را کاهش دهد، صاحبان ساختمان / مدیران با اموال در مناطق سیل‌زده باید آگاه باشند که با اجرای اقدامات فیزیکی نظیر مقاومت در برابر سیل، نمی‌توان تمام خطر را از بین برد. سطح حفاظت انتخاب شده باید با توانایی جذب اثرات خطر باقی‌مانده سازگار باشد. استاندارد ASCE 24 و بسیاری از قوانین مدیریت سیلاب شامل مورد آزاد برای کاهش خطر





است. با این وجود، طراح و صاحب ساختمان باید آگاه باشد که سطوح سیلاب حتی می‌تواند از موانع هم تجاوز کند که شامل بوردهای آزاد می‌باشد و باید روش‌های رفع خطرات احتمالی را تعیین کند، از جمله: [۱۲]

توان بالقوه آسیب سیل. مقاومت در برابر سیل، پتانسیل تمام آسیب‌های سیل را از بین نمی‌برد. به‌عنوان مثال، مقاومت مرطوب در برابر سیل می‌تواند بار بر روی سیستم‌های ساختاری را کاهش دهد، اما فروپاشی بیش‌ازحد ممکن است با مواد ساختاری مواجه شود.

عملکرد ساختمان بالاتر از سطح طراحی مقاومت در برابر سیل. مناطق بالای سطح حفاظت از سیلاب خشک و مرطوب هنوز در معرض خطر آسیب بیشتر از سطح آب‌های سطحی آب، آلودگی، مواد سمی در نزدیکی و یا در داخل ساختمان و همچنین رطوبت بیش‌ازحد معمول هستند.

فضای زیر سطح طراحی مقاومت در برابر سیل. برای جلوگیری از آسیب رساندن به ساختمان‌های موجود و جلوگیری از ایجاد فضای قابل استفاده در زیر سطح حفاظت از سیل‌ها، سیستم‌های مقاوم در برابر سیل استفاده می‌شود.

اشغال ساختمان‌های مقاوم در برابر سیل. ساختمان‌های مقاوم در برابر سیلاب در معرض سیل نیستند. زمان هشدار سیل باید کافی باشد و برنامه‌های تخلیه باید توسعه یابد تا اطمینان حاصل شود که ساکنان در طول سیل در ساختمان قرار نگیرند. مقاومت خشک در برابر سیل، در صورتی که سیلاب‌ها بالاتر از سطح طراحی سیلاب باشند، به دلیل آسیب جدی ساختاری می‌تواند خطر را برای ساکنین افزایش دهد. علاوه بر این، ورودی ساختمان احتمالاً به دلیل فرو ریختن آب است که ممکن است به سرعت رخ دهد.

## ۵. تکنیک‌های پادسیل‌سازی

انتخاب بهترین روش پادسیل‌سازی برای یک وضعیت مشخص باید بر اساس شناخت شرایط خاک محلی، توپوگرافی، ویژگی‌های سیل، قوانین ساختمان محلی، در دسترس بودن مواد، نوع ساختار و هزینه باشد. شایع‌ترین و اغلب بهترین راه برای پادسیل‌سازی تشکیل سازه بالاتر از خطر سیل است. دومین راه شایع، استفاده از آبراهه‌ها و سیلاب‌ها است.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران





نمونه‌های انتخاب شده از پادسیل سازی توضیح داده شده در این تحقیق به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

### ۱.۵. دیوار پیوسته یا پایه بلوک

پایه دیوار بتن مداوم برای بسیاری از برنامه‌های مختلف استفاده می‌شود. ساختارهای مسکونی با زیرزمین‌های بالای زمین اغلب به این شیوه ساخته می‌شوند، مانند بسیاری از تأسیسات صنعتی و تجاری که در آن تأسیسات اتصال به داخل طرح گنجانده شده‌اند. همچنین، ساختارهای مطرح شده در بلوک‌های بتونی به ارتفاع‌های مختلف بستگی به عمق سیلاب دارد. مراقبت‌های ویژه باید در این روش برای جلوگیری از فشار تفاضلی آب از آسیب رساندن به پایه صورت گیرد. اگر بنیاد به‌طور خاص برای حمل بار این بار طراحی نشده باشد، سیل عمده می‌تواند برای تعادل فشار داخلی و خارجی استفاده شود. استفاده از آب آشامیدنی برای این می‌تواند پس از سیلاب پاکسازی را به حداقل برساند [۱۳].

### ۲.۵. خاکریز

این روش نسبتاً رایج در توسعه زیرساخت و قرار دادن خانه‌های فردی است. اغلب شکل‌دهی مناطق که به نحوی توسعه یافته است تا سایت‌های خانه را پر کنند، در ترکیب با استفاده از پایه متعارف، سطح بالای طبقه بالاتر از سطح سیل طراحی را افزایش می‌دهد. مقادیر قابل توجهی از مواد به دشت سیل برای این منظور ممکن است جریان طبیعی آب را مختل کند یا باعث از بین رفتن ظرفیت ذخیره سیلاب شود. هر یک از این شرایط می‌تواند موجب سیل بیشتر و مکرر شود. قبل از اینکه ساختار روی خاکریز قرار داده شود، مقررات استفاده از زمین ایالتی و محلی باید بررسی شود تا تعیین شود آیا این اقدام مجاز است یا نه. مواد مورد استفاده برای خاکریز به‌طور گسترده از یک منطقه به بعد متفاوت است، اما به‌طور کلی مواد باید در برابر فرسایش یا لغزش محافظت شوند. [۱۳].



### ۳.۵. بلند کردن ستون‌ها

این روش اغلب جایی که نیروهای دینامیکی حرکت موج یا سرعت سیلاب شدید هستند یا جایی که سطح آب می‌تواند به طور قابل توجهی متفاوت باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد. سازه‌های ساخته شده بر روی شمع‌ها اغلب در مناطق ساحلی و در امتداد رودخانه‌های بیش‌ازحد ساحلی و دریاچه‌ها یافت می‌شوند. یکی از مزیت‌های این روش این است که جریان سیلاب محدود نمی‌شود و تأثیر آن بر ظرفیت ذخیره سیلاب به حداقل می‌رسد. همچنین مناطق باز تحت ساختار می‌تواند برای پارکینگ یا ذخیره‌سازی مواد استفاده شود که می‌تواند به راحتی منتقل شود. با وجودی که بهترین زمان برای پادسیل‌سازی، مسلماً در حین ساخت اولیه است، این روش اغلب برای ساخت سازه‌های موجود در برابر سیلاب نیز مفید است. [۱۳].

### ۴.۵. آبراهه‌ها و سیلاب‌ها

آبراهه‌ها در این تحقیق آن‌هایی هستند که در اطراف خانه‌های تک، خرده مقاصد کوچک و مجتمع‌های صنعتی منحصربه‌فرد ساخته شده‌اند. این آبراهه‌های محلی، اگر به اندازه کافی نگهداری می‌شوند، در مقابل وقایع سیلاب‌های سطح پایین‌تر بیشتر محافظت می‌کنند. با این حال، آن‌ها اغلب در طول سیلاب‌های بالاتر سقوط می‌کنند. معمولاً، پمپ‌ها نیاز به زهکشی و زهکشی داخلی دارند. هر دو سیلاب و آبراهه‌ها نیاز به نگهداری دوره‌ای دارند. از آنجایی که بعضی از مواقع آبراهه‌های محلی به دلیل طراحی ضعیف، مواد نامطبوع و / یا روش‌های ساخت‌وساز، تعمیر و نگهداری ضعیف، امکانات پمپاژ نامناسب و دلایل مربوطه، گاهی اوقات از کار افتاده است، به شدت توصیه می‌شود که تمام آبراهه‌های زیرین و همچنین سیلاب‌ها با نظارت مهندسين حرفه‌ای واجد شرایط طراحی و ساخته شوند. ناکامی در محافظت از مناطق اصلی شهری و صنعتی می‌تواند منجر به تلفات فاجعه‌بار شود. [۱۳].

سیلاب‌ها اغلب پس از یک ساختمان و یا ملک‌هایی که یک یا چند بار سیلاب را تجربه کرده‌اند اضافه می‌شوند و به‌طورکلی جاییکه در آن فضا و یا سایر ملاحظات استفاده از آبراهه را ممنوع می‌کند استفاده می‌شود. اگر به درستی طراحی شده، سیلاب‌ها مؤثر هستند چرا که آن‌ها نیاز به نگهداری کمی دارند و می‌توانند به راحتی بازرسی شوند. مشکلات عمده این روش عبارتند از نگه



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سواحل طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

داشتن مواد بسته‌بندی در دسترس و نظم عملیاتی خوب و پرسنل آموزش برای اطمینان از تعطیلی به موقع. به طور کلی، سیلاب‌ها از بلوک‌های بتنی یا بتن ساخته شده و دارای یک یا چند گذر هستند که توسط دروازه‌ها بسته شده‌اند. گاهی اوقات، ساختار یک سیلاب در طراحی معماری دارد. استفاده از آبراهه‌ها و سیلاب‌ها معمولاً نیاز به یک سیستم پمپ شستشو برای تخلیه زهکشی داخلی همراه با آبیگری که ممکن است رخ دهد دارد. از دست دادن آب اضافی یک مشکل رایج از طراحی نادرست است.

## ۵.۵. بندش و عناصر مهر و موم

رنگ‌های پلاستیک، دریایی و ضد آب و دیگر سیلانت‌ها می‌توانند به ساختارها اعمال شوند، به این ترتیب ساختار می‌تواند فشار هیدرواستاتیکی و هیدرودینامیکی را تحمل کند. علاوه بر این، پایه باید طوری طراحی شود تا به مقاومت در برابر نیروهای تقویت شده ناشی از فشار آب زیر ساختار برسد. طرح‌های مختلف فضای مجتمع از انواع ورق‌های یکپارچه به ستون‌های گران قیمت فولاد استفاده می‌شود. بسیار دشوار است که بسته‌ها کاملاً آبیگر باشند و بسیاری از سیستم‌هایی که از این تکنیک استفاده می‌کنند، پمپ‌ها را برای تخلیه نشت می‌کنند. هیچ تلاشی برای ایجاد یک ساختار در برابر سیلاب‌های عمیق‌تر از ۲ تا ۳ فوت انجام نمی‌شود تا اینکه ساختار توسط یک مهندس حرفه‌ای واجد شرایط مورد بررسی قرار گیرد تا مشخص شود که می‌تواند بارهای افزایش هیدرواستاتیکی را تحمل کند. [۱۴].

## ۶. ارزیابی گزینه‌های مقاومت در برابر سیل

صاحب و طراح باید قبل از اجرای گزینه‌های کاهش در یک ساختمان، تمام روش‌های ممکن برای کاهش خطر سیل را ارزیابی کند. اگر انتقال یا بالا بردن یک ساختمان غیرممکن یا مقرون به صرفه نباشد، مقاومت در برابر سیل ممکن است یک جایگزین مناسب باشد. جدول ۱ و ۲ نکات کلیدی مهمی را برای اقدامات مختلف مقاومت در برابر سیل، از جمله مقاومت خشک در برابر سیل، مقاومت مرطوب در برابر سیل، دیواره‌های سیل و خاکریزها را در نظر می‌گیرد. این نکات در نظر گرفته شده بر اساس استانداردهای موجود در ASCE 24، در اسناد قانونی یا در زمینه راهنمایی بهتر عمل می‌کنند. متن ایتالیک نشان‌دهنده یک نگاه است که بر اساس راهنمایی بهترین تمرین



است. ویژگی‌های ساختمان و سایت ممکن است با اقدامات خاص ضد سیل سازگار نباشد، بنابراین باید ویژگی‌های منحصر به فرد هر پروژه را در نظر گرفت.

### جدول ۱ بررسی اقدامات مقاومت در برابر سیل برای ساختمان‌های غیرمسکونی [۱۵]

| نوع کاهش و<br>تقلیل        | ویژگی<br>ساختمان   | مسائل مربوط به بررسی                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| مقاومت خشک<br>در برابر سیل | استحکام<br>ساختمان | ساختار و بنیاد باید بتواند به‌طور کامل مقاومت در برابر نیروهای مرتبط با سیل (هیدرواستاتیک، هیدرودینامیکی، شناوری، تأثیر خاک و آوار) و نیروهای مرتبط با سیل (به‌عنوان مثال، باد، لرزه‌ای) که در محل انتظار می‌رود. بازگانی و بنیاد باید توسط یک طراح حرفه‌ای طراحی شده مورد ارزیابی قرار گیرد. اگر ساختار قادر به مقاومت در برابر نیروهای مورد انتظار نباشد، قبل از شروع کار مقاومت، ممکن است به ساختار اضافی مجتمع نیاز شود. |
|                            | زمان هشدار         | ممکن است زمان اخطار برای فعال کردن یا اعزام یک معیار مقاوم در برابر سیل داده شده قبل از اینکه سیلاب‌ها بر روی سایت تأثیر بگذارند مورد نیاز است. تخمین‌های زمان دقیق هشدار دهنده باید شامل زمان برای تخلیه، اطلاع‌رسانی از پرسنل کلیدی، زمان سفر به سایت، اگر پرسنل کلیدی در محل قرار نگیرند، اجرای اقدامات و تخلیه پرسنل کلیدی باشند.                                                                                        |
|                            | سطح حفاظت          | در مواردی که عمق سیلاب از سه فوت بالاتر نرود، مقاومت در برابر سیلاب خشک، احتمالاً موفقیت‌آمیز خواهد بود، اگرچه ممکن است سیلاب با عمق زیاد سیلاب امکان‌پذیر باشد. اگر نیازمندی NFIP مورد نیاز باشد، ساختن الزامات قانون یا مقررات محلی، سطح حفاظت را تنظیم می‌کند.                                                                                                                                                            |



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سواحل طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



## جدول ۲ بررسی اقدامات مقاومت در برابر سیل برای ساختمان‌های غیرمسکونی [۱۵]

| نوع کاهش    | ویژگی ساختمان   | مسائل مربوط به بررسی‌ها                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| سیلاب مرطوب | استحکام ساختمان | ساختار اصلی و پایه باید بتواند به‌طور معکوس نیروهای مربوط به سیل را به غیر از بار هیدرواستاتیکی (یعنی آب پویایی، شنآوری، نفوذ خاک و آوار) و نیروهای مرتبط با سیل (مثلاً باد، لرزه‌ای) انتظار می‌رود در سایت. بازگانی و بنیاد باید توسط یک طراح حرفه‌ای طراحی شده مورد ارزیابی قرار گیرد. اگر ساختمان قادر به مقاومت در برابر نیروهای مورد انتظار باشد، ممکن است نیاز به تغییرات مجدد به ساختمان باشد. |
|             | زمان هشدار      | ممکن است زمان هشدار برای فعال کردن یا اعمال یک اقدام ضد سیل داده شده قبل از اینکه سیلاب‌ها روی سایت تأثیر بگذارند مورد نیاز باشد. برآوردهای زمان دقیق هشدار دهنده باید شامل زمان برای تخلیه، اطلاع‌رسانی از افراد لازم، زمان سفر به سایت، اگر پرسنل کلیدی در محل قرار نگیرند، اجرای اقدامات، تخلیه پرسنل کلیدی باشند.                                                                                 |
|             | سطح حفاظت       | دیوارهای سیل، خاکریزها و دیگر آثار حفاظتی سیل نباید در حین سیل طراحی محافظ ساختمان‌ها در نظر گرفته شوند، مگر اینکه این آثار در نقشه خطر سیل جامعه به‌عنوان محافظ ارائه شود.                                                                                                                                                                                                                           |

## ۷. تکنیک‌های متداول پادسیل‌سازی

چند تکنیک انطباق سیل که برای طبقه‌بندی بالا مناسب نیست، توسعه یافته است. یکی از این‌ها به‌عنوان اثرات ضد سیلاب شناخته شده است. با استفاده از این تکنیک، ساختار از موادی که به راحتی توسط سیلاب‌ها آسیب می‌بینند ساخته نشده است و می‌تواند به راحتی پس از سیل تمیز شود. چنین مواد اولیه شامل تخته سه لا بیرونی یا دریایی است. اغلب ساختار مجاز است تا با آب تمیز برای پرکردن آسیب‌ها پر شود. این نیز برای جلوگیری از فروپاشی ساختار از بارگذاری هیدرواستاتیک انجام شده است. در برخی از مناطق، ساخت و ساز جدید در پشت حفاظت آبراهه‌ها از فرکانس پایین با استفاده از اثرات سیلاب مرطوب در مقیاس بزرگ استفاده شده است. این روش می‌تواند به‌طور خاص برای صنایع و کسب‌وکار در کاهش آسیب‌های سیل مفید باشد. یکی دیگر از





تکنیک‌هایی که به ندرت دیده می‌شود این است که ساختار بر روی pontoons یا یک نوع بارج ساخته شود تا ساختار در طول سیل شناور شود. در این مورد، تمام امکانات حمایت از زمین، آب و برق و غیره، دارای اتصالات خطی انعطاف‌پذیر هستند. روش‌های دیگری همچون انبساط خانه در ورقه‌های پلاستیکی یا لاستیکی نیز ثابت شده است که موفق می‌شوند [۱۳]

## ۸. الزامات قانونی

افرادی که علاقه‌مند به شناسایی سیل ساختار یا ساختن ساختار جدید در ناحیه سیل هستند، ابتدا باید با مدیر شهر یا دولت خود تماس بگیرند تا مشخص شود که چه مقررات خاصی از دشت سیلاب‌ها، قوانین ساختمانی یا مقررات دیگر در آن ناحیه وجود دارد. به‌طور کلی این مقررات نیاز به ساخت‌وساز جدید دارد تا بالاتر از سطح سیلاب ۱۰۰ ساله افزایش یابد. برای برخی از نقاط، مقررات ساده دشت سیلاب وجود ندارد و یا ارتفاع دشت سیلاب صد ساله تعیین نشده است. در این موارد، توصیه می‌شود با نماینده برنامه خدمات مدیریت دشت سیلاب در اداره منطقه‌ای مهندسیین مناسب در تماس باشید و درخواست اطلاعات و راهنمایی مدیریت دشت سیل داده شود.

اگر مواردی وجود دارد که این اجتناب‌ناپذیر یا غیرعملی است و تکنیک‌های مؤثر پادسیل‌سازی می‌تواند جایگزین مناسب باشد. متولی امور از طریق برنامه توابع تنظیم‌کننده خود، تنظیم محل خاکریز مناطق مشخص شده تالاب را تنظیم می‌کند. فردی که مایل به قرار دادن چنین خاکریزی در منطقه تالاب است باید یک درخواست برای قصد قرارگذاری خاکریز به مهندس ناحیه متولی امور خاص خود بدهد. در مواردی که درخواست‌های مجوز لازم نیست، هنوز پیشنهاد می‌شود که اطلاعات مدیریت سیل دشت، در صورت موجود بودن، به‌عنوان چک مراقبتی از شرایط استفاده شود.

## ۹. نتیجه‌گیری

بررسی ساختارهای مقاوم در برابر سیل نشان می‌دهد که پادسیل‌سازی به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد، هرچند که احتمال موفقیت تنها تا حدود ۵۰ درصد بوده است. به این افراد که فکر می‌کنند ساختن در یک ناحیه سیل یا پادسیل‌سازی ساختار موجود، این نتایج باید به برنامه‌ریزی دقیق و طراحی کمک کند. طرح‌های نامناسب پادسیل‌سازی می‌تواند منجر به افزایش



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سواحل طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



آسیب‌های سیل از بارهای بزرگ هیدرواستاتیک و افزایش بار درگیر شود. همچنین یک خطر ذاتی وجود دارد که احساس امنیت دروغین توسط پادسیل‌سازی مردم را تشویق می‌کند تا در ساختمان‌های ضد سیل باقی بمانند تا زمانی که سیلاب‌ها افزایش یابد تمام مسیرهای فرار را پوشش دهد. با صرف نظر از موفقیت مختلط در گذشته و خطرات درگیر، آشکار است که استفاده از پادسیل‌سازی همچنان ادامه خواهد داشت؛ بنابراین مهم است که عوامل زیر به طور کامل مورد توجه قرار گیرد:

- هر زمان که ممکن باشد، ساخت و ساز جدید باید در خارج از سقف ۱۰۰ ساله قرار گیرد. قبل از تصمیم‌گیری در ساخت دشت سیلاب، مالک باید با مقامات فدرال، ایالتی و محلی و یا شرکت‌های مهندسی خصوصی مشورت کند تا اطلاعات مربوط به پتانسیل سیل را جمع‌آوری کند.
- اگر تصمیم به ساخت در دشت سیل گرفته شده باشد، سیستم ایمنی مقاوم در برابر سیل باید به عنوان بخشی جدایی‌ناپذیر از طراحی ساختار باشد. خصوصیات سیل محلی، شرایط سایت و ساختار نوع باید در انتخاب روش مناسب پادسیل‌سازی در نظر گرفته شود.
- ارتفاع مناسب‌ترین و مطمئن‌ترین طرح تصفیه سیل است. با این حال، بسیاری از سازه‌های بلند توسط سیل آسیب دیده است که بیش از سطح طراحی شده است. ساختارهای بلند نباید در طول وقوع سیل‌ها اشغال شوند، مگر اینکه در همه زمان‌ها در دسترس بودن ابزار ایمن باشد.
- پروژه‌های پادسیل‌سازی باید توسط مهندس حرفه‌ای واجد شرایط طراحی شوند. این امر مخصوصاً اگر عمق سیلاب بیشتر از ۲ تا ۳ فوت باشد، مهم است. جریان فوری، عمل موج و فرسایش، عوامل دیگری هستند که نیاز به کمک افراد حرفه‌ای را نشان می‌دهند.
- تمام ساختارهای ضد سیل باید به درستی لنگر باشند.
- پادسیل‌سازی اغلب محافظت کامل را فراهم می‌کند. حتی بهترین پروژه در برابر سیل‌هایی که بالاتر از ارتفاع طراحی هستند محافظت نخواهد کرد.
- برای طراحی و پیاده‌سازی تغییرات پادسیل‌سازی به یک ساختار، باید یک شرکت معماری/مهندسی و یا پیمانکار واجد شرایط استخدام شود.





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کمنرانس جامع مدیریت، مھندی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

## ٨. مراجع

1. ACI/American Society of Civil Engineers (ASCE) / the Masonry Society (TMS). 2011. Building Code Requirements and Specifications for Masonry Structures. ACI 530-11 / ASCE 5-11 / TMS 402-11.
2. AISC (American Institute of Steel Construction). 2011. Steel Construction Manual (14th Ed.). AISC 32511.
3. ANSI (American National Standards Institute) / AF&PA (American Forest & Paper Association). 2005. National Design Specification for Wood Construction. NDS-2005.
4. ASCE (American Society of Civil Engineers). 2005. Flood Resistant Design and Construction. ASCE Standard 24.
5. ASCE. 2010. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. ASCE / SEI Standard 7-10.
6. ASTM (ASTM International). 2011. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). ASTM D2487-11.
7. ASTM. 2012. Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort. ASTM D698-12.
8. AWPA (American Wood Protection Association). 2012. Use Category System: User Specification for Treated Wood. AWPA-U1-12. Columbus Regional Hospital. 2012. "About Us." Available at <http://www.crh.org/about-us/default.aspx>. Accessed August 12, 2012.
9. FEMA. 1993a. Non-Residential Floodproofing Requirements and Certification for Buildings Located in Special Flood Hazard Areas in Accordance with the NFIP. NFIP Technical Bulletin 3-93 (FIATB3). Available at <http://www.fema.gov/media-library/assets/documents/3473.D-2>
10. FEMA. 1995. Zone A Manual: Managing Floodplain Development in Approximate Zone A Areas. FEMA 265. Available at: <http://www.fema.gov/media-library/assets/documents/7273>.
11. FEMA. 2003. NFIP Increased Cost Compliance (ICC) Coverage: Guidance for State and Local Officials. FEMA 301. Available at <http://www.fema.gov/media-library/assets/documents/1973>.
12. Federal Highway Administration (FHWA). (2012). "Hydraulic engineering circular 18: Evaluating scour at bridges." FHWA-HIF 12-003, FHWA, Washington, DC.
13. Forest Products Laboratory. (2010). "Wood handbook—Wood as an engineering material." General Technical Rep. FPL-GTR-190. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



برزوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶





وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

14. Fowler, J. E. (1993). "Coastal scour problems and prediction of maximum scour." Technical Report CERC-93-8, U.S. Army Corps of Engineers ,
15. Washington, DC <<http://chl.erdc.usace.army.mil/chl.aspx?p=s&a=Publications;399>> (October 6, 2014).



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00350012

## ارائه یک نرم‌افزار خبره برای پهنه‌بندی سیل

حمید حساس<sup>۱\*</sup>، ابوالفضل عزیزیان<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی ارشد آبخیزداری، دانشگاه اردکان، یزد، ایران.

۲- استادیار منابع آب، دانشگاه اردکان، یزد، ایران.

### چکیده:

در سال‌های اخیر، رشد شهرهای واقع در حاشیه رودخانه‌ها که ناشی از افزایش جمعیت و سرمایه بوده موجب شده تا ساکنین و دارایی‌های موجود در منطقه، در معرض خطر سیل باشند. لذا در تحقیق حاضر اقدام به مدل‌سازی گسترش سیلاب با استفاده از طراحی نرم‌افزار آنلاین تحت وب با قابلیت پهنه‌بندی مناطق مستعد سیل‌گیری از طریق به کارگیری داده‌های DEM نقشه‌های گوگل شده است. برای این منظور ابتدا بازه موردنظر از یک رودخانه روی نقشه انتخاب می‌شود. سپس در هر مقطع انتخابی حداکثر سطح مقطع برای عبور جریان محاسبه گردید. پس از آن از روی میانگین مقاطع در کل بازه و ویژگی‌های فیزیکی بازه انتخابی حداکثر دبی عبوری از بازه محاسبه می‌شود. با این دبی پهنه ایمن گذر سیلاب روی نقشه مشخص می‌گردد. برای دبی‌های بیش از دبی ایمن نرم‌افزار مقطع به مقطع به محاسبه پهنه‌های در معرض خطر سیل می‌پردازد و در نهایت نقشه اراضی متأثر از سیل در حاشیه بازه انتخابی ترسیم می‌گردد. برای نمونه ابتدا مراحل آزمایش نرم‌افزار بر روی رودخانه خشک شیراز که به دریاچه مهارلو می‌ریزد مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از پهنه‌بندی حداکثر سیلاب اندازه‌گیری شده در این رودخانه نشان داد که آب در جریان این رودخانه در پنج نقطه خارج شده و محدوده متأثر از سیل در نواحی شهری حاشیه رودخانه مشخص شده است. پس از آن اقدام به بررسی واقعه سیل اکتبر ۲۰۱۱ در رودخانه شهر آیت‌تایا در کشور تایلند گردید که از این واقعه تصاویر ماهواره‌ای مناطق متأثر از سیل در دسترس بود. بررسی تصویر ماهواره‌ای این سیل در کنار بررسی نقشه‌های توپوگرافی مسیر عبور رودخانه حاکی از وقوع سیلابی با دبی اوج ۴۱۱۳،۰۱ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد که در مقایسه با دبی ۴۲۰۰ مترمکعب بر ثانیه ثبت شده از آن واقعه سیل ۲،۱ درصد اختلاف دارد. در صورتی که این سیلاب با وضعیت فعلی



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦ info@ifmc.ir ♦  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶

با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب



5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۴۰۳-۹۶۱۷۰

منطقه رخ بدهد پهنه سیل گیری شده در مقایسه با مساحت متأثر از سیل سال ۲۰۱۱ به میزان ۱۷,۶۳ درصد اختلاف دارد (کمتر گردیده است).

**کلمات کلیدی: پهنه‌بندی سیل، خطر سیل، نقشه‌های گوگل، نرم‌افزار خبره.**



سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۳  
www.ifmc.ir ♦ info@ifmc.ir



## مقدمه

امروزه پدیده سیل مخاطرات بسیار فراوانی را در سراسر جهان و ایران به بار آورده است. خسارات ناشی از سیل در بسیاری از نقاط رشد صعودی داشته است. پیامدهای این رخداد محیطی به شدت بر روی بخش‌های مختلف شیلات، مسکن، کشاورزی، منابع طبیعی، سازه‌های مهندسی، جوامع بشری، حیات طبیعی و فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی تأثیرگذار است. از این رو پدیده سیل یکی از رویدادهای جدی هیدرو اقلیمی و از جدی‌ترین بلایای طبیعی است که مستلزم بررسی علل بروز و افزایش آن و همچنین ارائه راهکارهایی برای کاهش خطرات سیل هست. روش‌های مختلفی برای کنترل خسارات سیل وجود دارد یکی از مهم‌ترین اقدامات در این راستا شناسایی مناطق با پتانسیل سیل خیزی و اولویت‌بندی آن‌ها می‌باشد که اطلاعات ارزشمندی را در رابطه با طبیعت، سیلاب‌ها و اثرات آن بر اراضی دشت سیلابی و تعیین حریم رودخانه‌ها ارائه می‌دهد (نیک نژاد و همکاران، ۱۳۸۵).

هر جریان سطحی آب، صرف نظر از عامل ایجادکننده آن در صورتی سیلاب تلقی می‌شود که جریان آب در مقطع رودخانه بیش از جریان عادی باشد، تداوم زمانی آن محدود بوده، جریان آب از بستر طبیعی تجاوز کند، اراضی پست و حاشیه رود را فراگیرد و خسارات جانی و مالی به همراه داشته باشد (محمد پور و سبزواری)، این فرایند از بیشترین تغییرات مکانی و زمانی برخوردار بوده و کمیت بخشیدن به آن در مکان و زمان همواره مورد توجه محققین مختلف بوده. (پولادی، ۱۳۸۱).

سیلاب یک پدیده روشن و نظام‌مند بوده که در نتیجه تأثیر عوامل محسوس و نامحسوس به یک پدیده پیچیده تبدیل گشته است. مطالعات گذشته گویای آن است که دخالت انسانی باعث برهم خوردن تعادل طبیعی حوضه‌های آبریز و وقوع این پدیده و خسارات ناشی از آن را تشدید می‌کند. از مهم‌ترین عوامل حوضه‌ای می‌توان به شیب، طول و عرض رودخانه و مواردی از این قبیل اشاره نمود. در خصوص ذکر عوامل غیر حوضه‌ای مهم‌ترین عوامل مؤثر نوع بارش شدت و مدت بارش دبی حداکثر لحظه‌ای می‌باشند. بدیهی است که برای کنترل و جلوگیری از خطرات سیلاب ایجاد تغییر در عوامل غیر حوضه‌ای امکان‌پذیر نیست؛ بنابراین برای پیاده کردن راه حل و چاره اساسی باید بر عوامل حوضه‌ای تمرکز نمود.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



تاکنون روش‌هایی که برای تعیین مناطق سیل‌خیز استفاده شده بیشتر بر پایه روش‌های نموداری، فرمول‌های تجربی، تحلیل آماری داده‌های سیلاب، تفکیک حوضه به تعدادی زیر حوضه، داده‌های دورسنجی، GIS و مدل‌های ریاضی رایانه‌ای بارش و رواناب بوده و بیشتر از دیدگاه تولید سیل در سطح حوضه‌ای مطرح شده است. به دنبال این مطالعات سازمان حفاظت خاک آمریکا در سال ۱۹۵۴، روش شماره منحنی (CN) را برای بارش مازاد ارائه نمود. ازجمله روش‌هایی که می‌تواند در محاسبه سیل ناشی از یک بارش معین بکار رود، مدل‌های هیدرولوژیکی هستند که می‌توانند با توزیع مکانی خصوصیات بارش و حوضه آبخیز برآوردهای قابل قبولی را به دست دهند یکی دیگر از روش‌های رایج جهت پهنه‌بندی سیلاب درگذشته روش ماسکینگام - کانز بوده است بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است که تغییرات مکانی و زمانی ضرایب ماسکینگام - کانز یک نقص مهم به حساب می‌آید و باعث خطا در تخمین داده‌ها می‌شود. (لشکری و همکاران، ۱۳۹۲)

بر اساس آمار منتشر شده از طرف سازمان صلیب سرخ جهانی بیش از ۹۰٪ خسارات ناشی از حوادث طبیعی به سیل اختصاص دارد. در این میان ۵۰٪ آن‌ها در قاره آسیا به وقوع می‌پیوندد. کشور ایران نیز با توجه به استعداد طبیعی خود یکی از کشورهای بسیار سیل‌گیری جهان محسوب می‌شود. (رفاهی ۱۳۷۵: ۲۲۷). با تعیین محل دارای پتانسیل بالا به نوعی می‌توان یک ارزیابی کلی از وضعیت سیل‌خیزی منطقه به دست آورد چراکه پتانسیل بالای سیل‌خیزی در یک منطقه به افزایش احتمال وقوع سیل در آن منطقه منجر می‌شود. لذا در تحقیق حاضر اقدام به مدل‌سازی سیلاب با استفاده از طراحی نرم‌افزار آنلاین تحت وب با قابلیت پهنه‌بندی مناطق با پتانسیل سیل‌خیزی از طریق به کارگیری داده‌های DEM تصاویر ماهواره گوگل خواهد شد. اطلاعات ارزشمندی را در رابطه با خصوصیات هیدرولوژیکی سیستم‌های رودخانه‌ای و پیش‌بینی قابل اعتماد دبی جریان و نیز تغییرات آن در طول رودخانه همچنین در رابطه با سیلاب‌ها و آثار آن بر جوامع بشری اراضی دشت سیلابی اولویت‌بندی زیر حوزه‌ها جهت اجرای پروژه‌های کنترل سیل و تعیین حریم رودخانه‌ها ارائه می‌دهد، در نتیجه امکان ارسال هشدارهای مناسب در مواقع خطر سیل و تسهیل عملیات امداد و نجات را فراهم می‌سازد. بدین سبب این اقدام کمک شایانی به پروژه‌های برنامه‌ریزی و مدیریت بحران آب‌های سطحی خواهد نمود.



## مواد و روش:

در اولین مرحله منطقه مطالعاتی خود را انتخاب نموده سپس با استفاده از دسترسی‌های تعیین شده توسط شرکت گوگل در استفاده از داده‌های نقشه گوگل و به کارگیری زبان برنامه‌نویسی تحت وب ضمن تعیین نوع دسترسی‌ها به داده‌های گوگل موقعیت جغرافیایی منطقه مورد نظر را بر اساس داده‌های توپوگرافی مشخص می‌نماییم.

سپس با توجه به هوش مصنوعی طراحی شده با کمک زبان‌های برنامه‌نویسی تحت وب (PHP, JQuery, Ajax, CSS, JavaScript HTML) با استفاده از یک API Key به بانک اطلاعاتی نقشه‌های گوگل دسترسی پیدا نموده و با توجه مدت زمان و میزان سطح دسترسی که بر اساس API Key قابل دسترسی می‌باشد نقشه‌ها فراخوانی و سپس به بررسی صحت داده‌ها بر اساس ماهیت داده پرداخته شده و در صورت نیاز نرمال‌سازی انجام خواهد شد. در مرحله بعد به تعیین الگوریتم مناسب مدل‌های یادگیری ماشین و همچنین تعیین ساختار مناسب و آموزش داده‌ها به ماشین پرداخته می‌شود و پس از آن داده‌های دبی و پارامترهای کمکی مشتق شده از مدل رقومی ارتفاعی و سایر اطلاعات را به عنوان ورودی به مدل‌ها معرفی گردیده و داده دبی حداکثر به عنوان خروجی به صورت شبیه‌سازی شده تعیین می‌گردد و با استفاده از روابط همچون رابطه فیثاغورث، رژیم جریان و رابطه مانینگ، روابط رژیم جریان رینولدز و عدد فرود، جریان یکنواخت و غیریکنواخت، ضریب زبری مانینگ، شیب، انیشتن، تعیین تصحیح انرژی و اندازه حرکت، شیب خط انرژی، معادلات حاکم بر جریان غیر دائم و با استفاده از بانک اطلاعاتی طراحی شده جهت تعیین ضرایب زبری، برآورد و یا هر یک از داده‌ها را به صورت دستی به سیستم معرفی خواهد شد. در واقع در این مطالعه سعی می‌گردد از یک سری پارامترهای کمکی همچون شیب، ارتفاع آب، دبی، ضریب زبری، سرعت و موقعیت جغرافیایی نقاط مدنظر در صورت در دسترس بودن به عنوان ورودی جهت شبیه‌سازی و برآورد بهتر رواناب مورد استفاده شود و یا بر اساس مدل‌های رقومی ارتقایی بسته به توپوگرافی محاسبه می‌گردد. عملکرد نرم‌افزار به دو صورت دستی و خودکار می‌باشد.





## عملکرد خودکار

در عملکرد خودکار مراحل انجام محاسبات و پهنه‌بندی به صورت کاملاً هوشمندانه و بر اساس بانک اطلاعاتی طراحی شده، شکل پروفیل طولی و عرضی در هر مقطع با توجه به شرایط توپوگرافی مسیر آبراهه یا کانال، شیب متوسط در کل طول آبراهه، متوسط حداکثر دبی قابل عبور در هر مقطع و ضریب زبری با توجه به نوع سازند زمین‌شناسی صورت می‌پذیرد. عملکرد خودکار با سرعتی بسیار بالا مراحل انجام محاسبات و ترسیم پهنه‌های به زیر آب رفته را انجام می‌دهد و بیشترین کاربرد این عملکرد برای زمان‌هایی می‌باشد که نیاز به مدیریت بحران در زمان‌های اضطراری که اطلاعات پایه هیدرولوژی منطقه محل وقوع سیل در دسترس نیست بوده که بتوان با سرعت عمل بالا اقدام به تخلیه مناطق و یا پیشگیری‌های اولیه برای به حداقل رساندن خسارت نمود، کاربرد دارد.

## عملکرد دستی

طراحی نرم‌افزار به گونه‌ای است که در صورتی که اطلاعات هیدرولوژی از یک منطقه خاص مورد مطالعه موجود باشد می‌توان با استفاده از روابط مطرح شده در بالا اقدام به انجام محاسبات و در نتیجه پهنه‌بندی سیل نمود که با توجه به تغییر هر یک از ضرایب و یا مقادیر عدد نرم‌افزار واکنش متناسب به آن داده ایجاد و در نتیجه خروجی نرم‌افزار بر اساس مقادیر ورودی کالیبره می‌گردد. داده‌های ورودی از جمله شیب، ارتفاع آب، دبی، ضریب زبری، سرعت و موقعیت جغرافیایی نقاط مدنظر، شیب از رابطه فیثاغورس می‌باشد.

## نحوه کار

ابتدا کاربر آبراهه مدنظر خود را موقعیت‌یابی نموده و سپس به ترتیب اقدام به شروع تعیین نقاط دلخواه در طول آبراهه می‌نمایند. اولین نقطه به معنای آغاز مسیر جریان آب و آخرین نقطه به معنای انتهای مسیر می‌باشد. هر چقدر تعداد نقاطی که مابین اولین نقطه با آخرین نقطه بیشتر باشد دقت انجام محاسبات بیشتر می‌گردد. پس از تعیین نقاط نرم‌افزار به صورت خودکار موقعیت جغرافیایی هر نقطه بر اساس سیستم مختصات UTM در بانک اطلاعاتی ذخیره و ارتفاع هر نقطه از سطح آب‌های آزاد را محاسبه و هم‌زمان به نمایش می‌گذارد. میزان ارتفاع هر نقطه از سطح





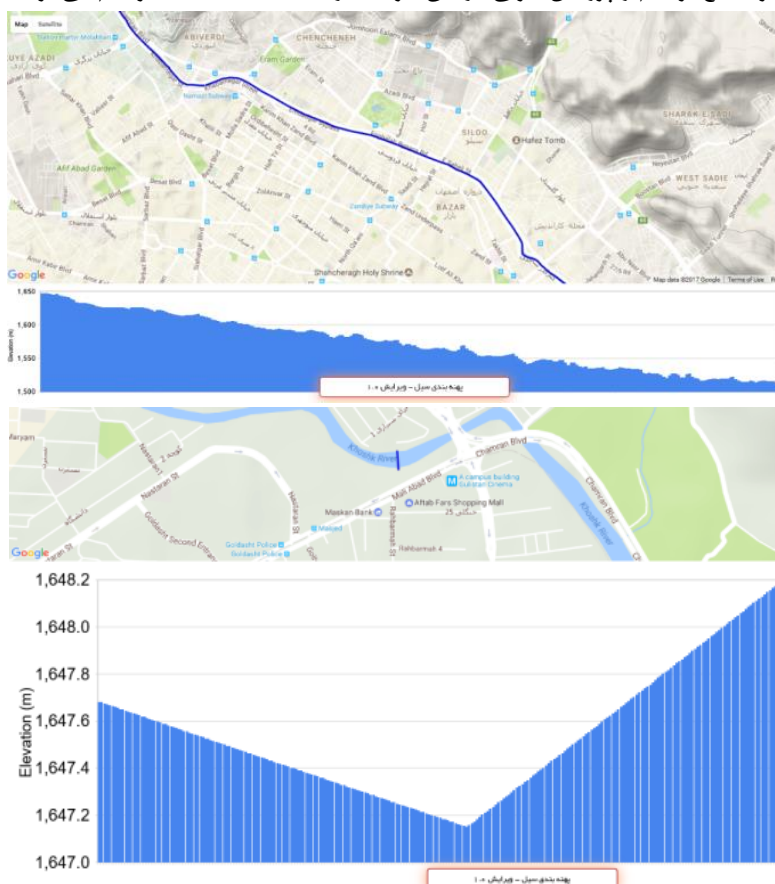
با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

آب‌های آزاد تا ۱۲ رقم اعشار در بانک اطلاعاتی ثبت و تنها محاسبات تا ۲ رقم اعشار صورت می‌گیرد. بر اساس موقعیت جغرافیایی نقاط انتخابی و فاصله هر نقطه نسبت به یکدیگر، پروفیل عرضی هر مقطع ترسیم و پروفیل طولی در بین هر یک از نقاط انتخاب شده ترسیم می‌گردد.



شکل ۱: نمایی از محیط نرم‌افزار پهنه‌بندی سیل (نمایش پروفیل عرضی سمت راست و پروفیل طولی سمت چپ)



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سازمان همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir





بر اساس شکل پروفیل عرضی (شکل ۱) در هر نقطه انتخابی مساحت کل مقطع عرضی محاسبه و با توجه شیب متوسط کل آبراهه سرعت عبور آب با توجه به ضریب زبری برآورده شده محاسبه و حداکثر دبی قابل عبور برآورد می‌گردد. نرم‌افزار براساس شکل پروفیل طولی و عرضی از اولین نقطه انتخابی تا آخرین نقطه انتخابی اقدام به شبیه‌سازی سه بعدی طولی مقطع آبراهه یا کانال نموده و براساس موقعیت جغرافیایی و شکل توپوگرافی اقدام به برآورد حداکثر حجم کل آب قابل عبور در آبراهه یا کانال می‌نماید. نرم‌افزار براساس اختلاف ارتفاع نسبت به شکل پروفیل عرضی و از عمیق‌ترین نقطه در مقطع تا بالاترین نقطه در پروفیل عرضی اقدام به محاسبه ارتفاع کانال به‌عنوان حداکثر ارتفاع آب مجاز درون آبراهه یا کانال را می‌نماید. هرگونه وارد نمودن مقادیر عدد توسط کاربر به‌عنوان افزایش دبی یا ارتفاع آب در آبراهه یا کانال را نرم‌افزار به‌عنوان آب مازاد تلقی و اقدام به انجام پردازش جهت نمایش پهنه آب خارج از آبراهه یا کانال می‌نماید.

نرم‌افزار پس از انجام محاسبات ریاضی و پردازش داده‌ها اقدام به پهنه‌بندی سیل می‌نماید. هرگونه تغییر در مقادیر چون ارتفاع آب، دبی، ضریب زبری، نقشه DEM و توپوگرافی توسط کاربر باعث تغییر میزان نمایش ناحیه‌های به زیر آب رفته می‌گردد. پهنه‌بندی به‌صورت ترسیم ناحیه‌های رنگی و یا خطوط مرزی بر روی نقشه انجام می‌گیرد. ناحیه‌های رنگی به سه دسته تقسیم می‌گردند که هر رنگ بیانگر و گویایی مفهومی خاص و خطوط مرزی می‌باشد که به ترتیب عبارت‌اند از:

- ناحیه سبز = پهنه به زیر آب رفته و محدوده ایمن بدون وارد آمد خسارت
- ناحیه قرمز = محدوده با خطر بالا
- ناحیه زرد = محدوده ریسک که احتمال گسترش آب در این محدوده به دلیل واکنش‌های غیرقابل پیش‌بینی است.

لازم به تأکید است که کلیه معیارهای تعیین شده براساس دستورالعمل پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه، تنظیم شده توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و وزارت نیرو (علاءالدین، ۱۳۸۴) می‌باشد و کلیه روند طراحی و برنامه‌نویسی براساس همین دستورالعمل صورت پذیرفته است.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

### هشدار سیل

نرم‌افزار پس از انجام محاسبات بر اساس میزان وجود خطر تعیین شده در هسته اصلی آن‌ها اقدام به واکنش متناسب با سطح خطر تعیین شده می‌کنند که به ترتیب ابتدا هشدار به صورت پیغام و علائم بر روی نمایشگر ظاهر گردیده و سپس در صورت تأیید خطر توسط کاربر استفاده کننده نرم‌افزار با برقراری ارتباط به سخت‌افزار مربوط به هشدار اقدام به فعال‌سازی سخت‌افزار می‌نماید.

### نتایج:

### پیش‌بینی سیل رودخانه خشک شیراز

رودخانه خشک شیراز یا هفت پیلی یک رودخانه فصلی است که از ملحق شدن آب دو قنات نهر اعظم و چنار سوخته تشکیل شده و پس از عبور از شهر شیراز به سمت جنوب شرقی حوضه خود متمایل شده و به دریاچه مهارلو می‌ریزد. این رودخانه در موقعیت جغرافیایی ۲۹,۶۳۷۷ طول و ۵۲,۵۰۶ عرض جغرافیایی قرار دارد. حوضه آبریز رودخانه خشک به فرم کشیده و در جهت شمال غرب به جنوب شرق است و یکی از زیرحوضه‌های دریاچه مهارلو محسوب می‌شود. این رودخانه به صورت قطری از وسط شهر شیراز می‌گذرد و گویی شهر را به دو نیم تقسیم کرده است. برای عبور از روی این رودخانه در شیراز، پل‌های متعددی بر روی آن نصب شده است که معروف‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از: پل باغ صفا، پل نمازی، پل زرگری، پل علی بن حمزه، پل معالی آباد، پل پیرنیا و پل پارکینگ.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب

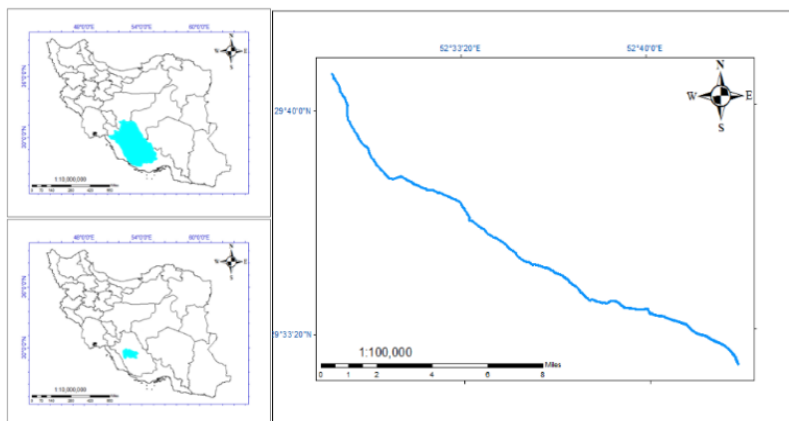


پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir



شکل ۲: موقعیت رودخانه خشک شیراز - فارس

آن قسمت از رودخانه خشک که از درون شهر شیراز عبور می‌نماید در طی دو، سه ده گذشته شکل توپوگرافی طبیعی این رودخانه به صورت یک کانال با عرض متوسط ۶۰ متر و ارتفاع متوسط ۴ متر تغییر پیدا نموده است. با توجه به حداکثر دبی لحظه‌ای ثبت شده در ۲۵ سال گذشته، در سال آبی ۱۳۸۰-۱۳۷۹ به میزان ۸۲۹ مترمکعب در ثانیه در ایستگاه چنار سوخته به ثبت رسیده است اقدام به انجام پهنه‌بندی در طول ۳۰ کیلومتر از بازه این رودخانه، توسط نرم‌افزار نموده‌ایم. نتایج حاصل از پهنه‌بندی حداکثر سیلاب اندازه‌گیری شده در این رودخانه نشان داد که آب در جریان این رودخانه در پنج نقطه خارج شده و محدوده متأثر از سیل در نواحی شهری حاشیه رودخانه مشخص شده است. به ترتیب ابتدا سیل در قسمت‌های خیابان ساحلی ابتدای کوچه گلخون، پل زرگری، پل خیابان آوینی، پل نمازی، پل باغ صفا از کانل رودخانه خارج می‌گردد و تنها باعث ایجاد خلل در عبور و مرور می‌گردد اما بیشترین حجم سیل تنها در قسمت پل علی ابن حمزه از کانال رودخانه خارج گردیده و می‌تواند باعث ایجاد خسارت گردد.

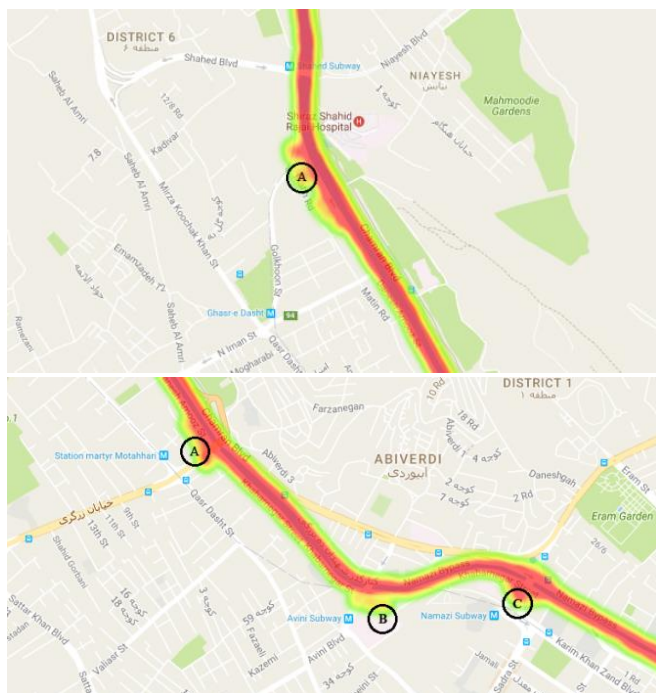


با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



شکل ۳: پهنه پوشیده شده از سیل (پهنه پوشیده شده از سیل به ترتیب از راست کوچه گل خون A، از چپ پل زرگری A - پل آوینی B - پل نمازی C واقع در شیراز-فارس)

جریان سیل پس از خروج از رودخانه بخشی از خیابان دروازه اصفهان تا انتهای خیابان تیموری و تا میدان ولیعصر و پس از پل پیرنیا را در بر خواهد گرفت که بسته به شرایط و موقعیت منازل در کوچه‌های این منطقه میزان خسارت متفاوت می‌باشد. همان‌گونه که در شکل (۴-۵) مشخص است محدوده‌های قرمز رنگ بیشترین میزان سطح آب‌گیری را خواهند داشت.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت آب



موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سازمان همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران

info@ifmc.ir

www.ifmc.ir



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



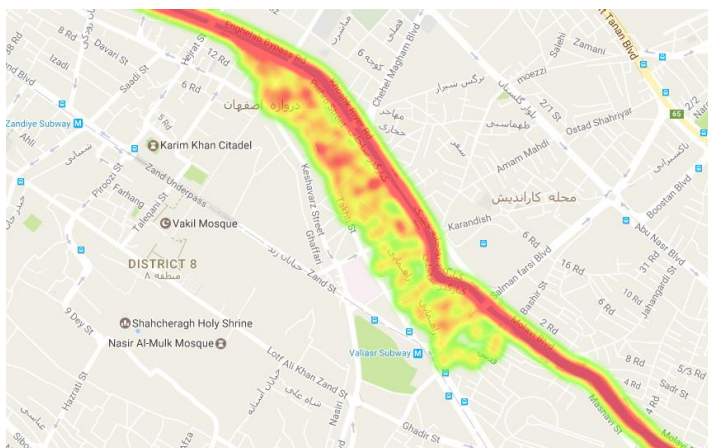
وزارت نیرو



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



شکل ۴: نمایی از محیط نرم‌افزار پهنه‌بندی سیل (پهنه‌بندی سیل با حداکثر دبی لحظه‌ای در رودخانه خشک واقع در شیراز-فارس)

### مقایسه پهنه‌بندی سیل تایلند

شهر آیوتایا<sup>۱</sup> واقع در کشور تایلند در مختصات جغرافیایی ۱۴,۰۶۴۶۸ شمالی و ۱۰۰,۳۳۳۲۴ شرقی در اکتبر سال ۲۰۱۱ در اثر افزایش بارش‌های منطقه به دلیل افزایش سطح تراز آب در سدهای مخزنی و سرریز شدن آب باعث جاری شدن سیل در آیوتایا گردید به صورتی که سیل بخش اعظمی از شهرک‌های صنعتی و شهرستان‌های اطراف را در بر گرفت. این سیل باعث تلفات بیش از ۸۰۰ تن و همچنین باعث کاهش تولید توسط کارخانه‌ها و افزایش ترم در سطح کشور گردید. (وب‌سایت انتخاب، ۱۳۹۰).

ناسا در تاریخ ۲۳ اکتبر ۲۰۱۱ با استفاده از ماهواره EQ-1 اقدام به عکس‌برداری از شهر آیوتایا نمود. همان‌طور که در شکل (۴-۵) مشاهده می‌گردد بخش اعظمی از سطح منطقه به زیر آب رفته است (وب‌سایت ویکی‌پدیا، ۲۰۱۱).







وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

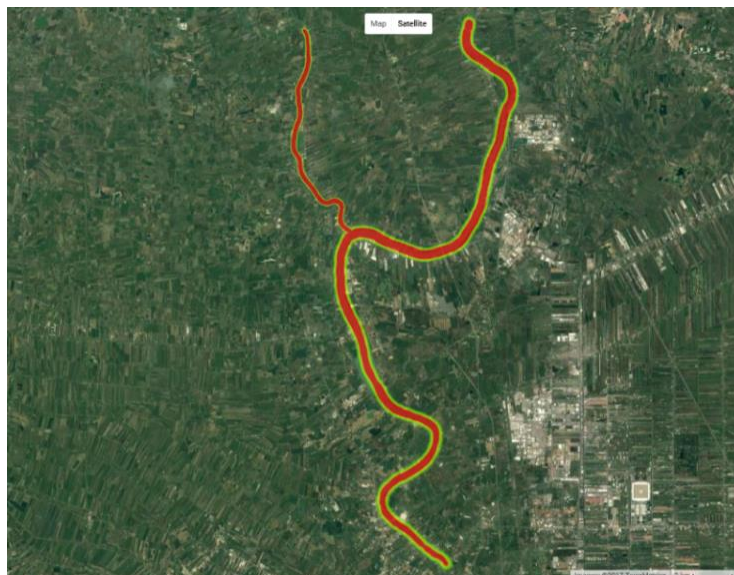
موسسه تحقیقات آب



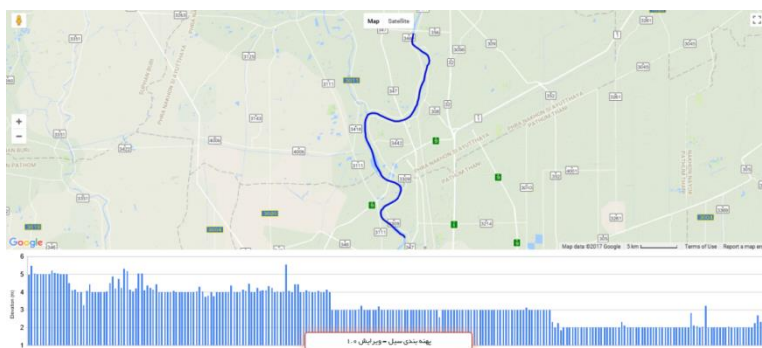
پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



شکل ۶: تعیین موقعیت رودخانه شهر آیتوایا - تایلد



شکل ۷: پروفیل طولی رودخانه شهر آیتوایا - تایلد

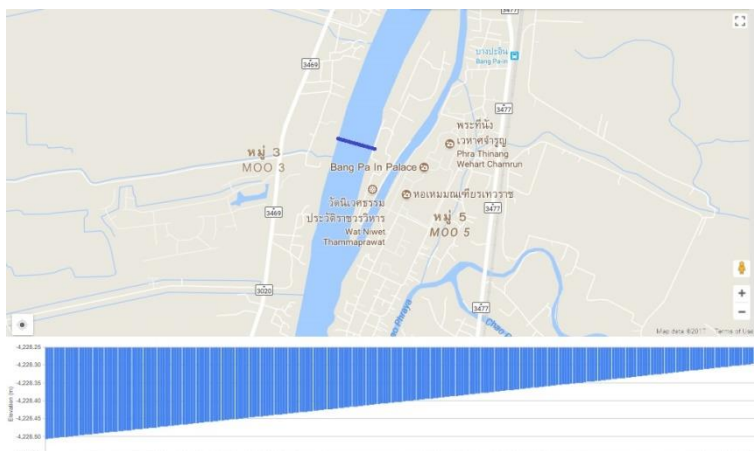


با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

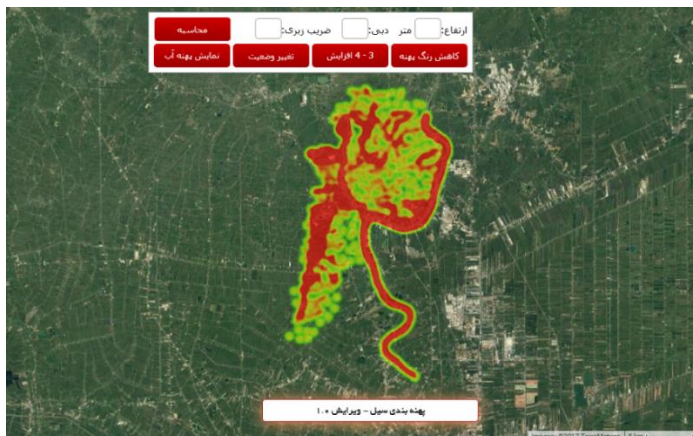
# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



شکل ۸: پروفیل عرضی رودخانه شهر آیوتایا - تایلند



شکل ۹: پهنه‌بندی سیل توسط نرم‌افزار (فاصله نما ۵ کیلومتر)

نرم‌افزار با مقایسه پهنه سیل‌گیری شده و پهنه طبیعی رودخانه اقدام به محاسبه دبی منجر شده به مساحت آب‌گیری شده کرده است. به‌طور کل بررسی تصاویر مسیر عبور رودخانه حاکی از وقوع سیلابی با دبی اوج ۴۱۱۳,۰۱ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد که در مقایسه با دبی ۴۲۰۰ مترمکعب بر ثانیه ثبت شده (شکل ۱۰) از آن واقعه سیل ۲,۱ درصد اختلاف دارد. در صورتی که این سیلاب با

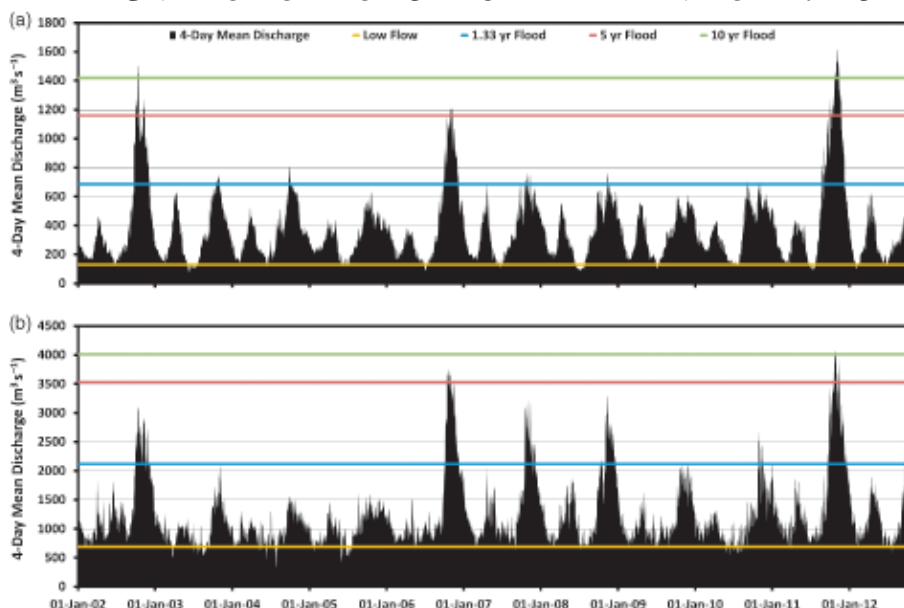


سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦ info@ifmc.ir  
♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir





وضعیت فعلی منطقه رخ بدهد پهنه سیل گیری شده در مقایسه با مساحت متأثر از سیل سال ۲۰۱۱ به میزان ۱۷٫۶۳ درصد اختلاف دارد (کمتر گردیده است). بخشی از خطای حاصل به خاطر فاصله زمانی در بین نقشه مورد استفاده (۲۰۱۶) با زمان روی دادن سیل (۲۰۱۱) در شهر آیوتایا بوده و بخش دیگر به دلیل عدم امکان محاسبه دقیق واکنش سیل به دلیل حمل اجسام می‌باشد.



شکل ۴-۱۰: هیدروگراف سیل اکتبر ۲۰۱۱ شهر آیوتایا تایلند (آون بنفیلد ۲۰۱۲)

همان گونه که در شکل (۴-۱۱) مشخص است الگوی پهنه سیل در تصویر ماهواره‌ای با نقشه پهنه‌بندی شده سیل بسیار هم‌خوانی داشته که خود بیانگر صحت بالای انجام محاسبات می‌باشد.

## منابع:

۱. آیین‌نامه مربوط به بستر و حریم رودخانه‌ها، نهرها، مسیل‌ها، مرداب‌ها، برکه‌های طبیعی و شبکه آبرسانی، آبیاری و زهکشی، مصوب مورخ ۱۳۷۹/۸/۱۱ هیئت وزیران.
۲. تلوری، ع. ر. ۱۳۷۵. مدل‌های هیدرولوژی به زبان ساده. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۱ ص.



۳. ثروتی، م.، احمدی، م.، نصرتی، ک.، مزیانی، م.، (۱۳۹۲). پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز سراب دره شهر (مطالعه موردی حوزه آبخیز سراب دره شهر). جغرافیا (فصلنامه علمی-پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)، دوره جدید، سال یازدهم، شماره ۳۶.
۴. حبیبی، ح.، ۱۳۸۵. فرهنگ واژه‌های مصوب فرهنگستان، انتشارات فرهنگستان زبان و ادب فارسی، تهران.
۵. حسن‌لی، ع.، ۱۳۸۶. دلایل تشکیل سیل و راه‌کارهای کاهش شدت تخریبی آن. مجموعه مقالات اولین همایش آموزشی مدیریت رواناب و سیلاب شهری، معاونت هماهنگی امور عمرانی و دفتر بازسازی حادث غیرمترقبه استانداری فارس، ۸ ص.
۶. حیدری، ع.، امامی، ک.، برخورداری، م.، تقی‌خان، ش.، مرادی‌فلاح، ش.، سادات‌میرنی، م.، (۱۳۸۵). پیش‌بینی و هشدار سیل. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، گروه کار رهیافت‌های فراگیر مدیریت سیلاب، شماره انتشار ۱۰۲.
۷. زارع، خ.، (۱۳۹۴). بررسی اثر تغییر کاربری اراضی در عکس‌العمل هیدرولوژیکی حوزه آبخیز شهری (مطالعه موردی حوزه آبخیز چناراهدار، استان فارس). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد.
۸. شادمانی، م.، معروفی، ص.، محمدی، ک.، سبزی‌پور، ع.، (۱۳۹۰). مدل‌سازی منطقه‌ای دبی سیلابی در استان همدان با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی استان همدان). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد هجدهم، شماره چهارم.
۹. علاء‌الدین، ک.، وطن‌خواه، ج.، افسوس، م.، بنی‌حبیب، ا.، جباری، ا.، چیتی، م.، شریفی‌فر، م.، چاوشیان، ع.، کباری، ک.، وطن‌فدا، ج.، (۱۳۸۴). راهنمای پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بسترو حرم رودخانه. انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، نشریه شماره ۳۰۷.
۱۰. علیزاده، ا.، (۱۳۷۶). اصول هیدرولوژی کاربردی استان قدس دانشگاه امام رضا (ع).
۱۱. فرخ‌نیا، ا.، مرید، س.، (۱۳۸۸). تحلیل عدم قطعیت مدل‌های شبکه عصبی و نرو فازی در پیش‌بینی جریان رودخانه. تحقیقات منابع آب ایران، سال پنجم، شماره ۳.
۱۲. لاجوردی، م.، خالدی، ش.، ستاری، ش.، (۱۳۹۲). پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبریز مردق چای «آذربایجان شرقی». نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۷، شماره ۴۴.
۱۳. لشکری، ح.، رشیدی، ر.، (۱۳۹۲). پهنه‌بندی سیلاب رودخانه زرینه‌رود با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-RAS در محیط GIS (مطالعه موردی رودخانه زرینه‌رود واقع در آذربایجان غربی). پژوهش‌های دانش و زمین، سال سوم، شماره ۱۳.
۱۴. مهدوی، م.، (۱۳۷۸). هیدرولوژی کاربردی جلد ۱ و ۲ انتشارات دانشگاه تهران.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



۱۵. نجفی، م. ر. (۱۳۸۱). سیستم‌های هیدرولوژیکی: مدل‌سازی باران رواناب (جلد اول). (ترجمه)، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۵۷۸ ص.

۱۶. یمانی، م.، داورانی، ز.، دادرسی، ا.، (۱۳۹۱). ارزیابی مدل منطق فازی در مقایسه با سایر مدل‌های مفهومی در پهنه‌بندی سیل‌خیزی با تأکید بر ویژگی‌های ژئومورفولوژیک، مورد شناسی حوضه داورزن (مطالعه موردی حوضه داورزن). جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای، شماره ۵.

17. Aon Benfield. 2012. 2011 Thailand Floods Event Recap Report. Impact Forecasting LLC, Aon Benfield: Chicago, IL.

18. Al-Weshah, R.A., and El-Khoury, F. 1999. Food analysis and mitigation for Petra area in Jordan. Journal of Water Resoutces Planning and Management, 170-177.

19. Anderson, H.L. Z.Q. Chen, M.L. Kawas and A. Feldman, 2002. Coupling HEC-HMS with atmospheric models for perediction of warershed runoff. ASCE Journal of Hydrologic, Vol. 7, Issue. 4, pp.321-318.

20. Chw vent, e., D. Maidment and L. Mays, 1988. Applied hydrology. MC Graw Hill Book Coompany.

21. Federal Emergency Management Agency. 1993. Flood Insurance Study Guidline and Specification for contactors.

22. Fernandez, D.S. and Lutz, M.A., 2010. Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis. Engineering Geology, 111 (1), pp.90-98.

23. Jinkang, Dua. Li, Qiana. Hanyi, Ruia. Tianhui, Zuob. Dapeng, Zhenga. And Youpeng, Xua. 2013. Assessing the effects of urbanization on annual runoff and flood events using an integrate hydrological modeling system for Qinhuai Rever basing, China. Journal of Hydrology. Volumes 464-465. Pp 127-139.

24. Lai, C., Shao, Q., Chen, X., Wang, Z., Zhou, X., Yang, B. and Zhang, L., 2016. Flood risk zoning using a rule mining based on ant colony algorithm. Journal of Hydrology.

25. River Burean Ministry of construction Manual for River Works in Japan. 1995, Japan.

26. Suwanwerakamtorn, R, 1994, GIS and hydrobgic modelling for management of small watersheds. ITC Journal, No. 4, pp. 343-349.

27. Suriya, S & Mudgal, B.V. 2012. Impact of urbanization on flooding: The thirusoolam sub watershed - A case study. Journal of Hydrology. 210-219.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

28. Tripathi, R. Sengupta, S. Patra, A. Chang, H and Jung, I. 2004. Climate change, urban development, and community perception of an extreme flood: A case study of Vernonia, Oregon, USA. Journal of Applied Geography. 46: 137-147.
29. <http://www.entekhab.ir/fa/news/44939/%D8%A2%DB%85%D8%A7%D8%B1-%D8%AA%D9%84%D9%81%D8%A7%D8%AA-%D8%B3%D9%8A%D9%84-%D8%AA%D8%A7%D9%8A%D9%84%D9%86%D8%AF-%D8%A7%D8%B2-%D9%85%D8%B1%D8%B2-600-%D9%86%D9%81%D8%B1-%DA%AF%D8%B0%D8%B4%D8%AA>
30. <https://paydarymelli.ir/fa/news/16828/%D9%BE%DB%8C%D8%B4-%D8%A8%DB%8C%D9%86%DB%8C-%D8%B3%DB%8C%D9%84-%D8%A8%D8%A7-%D8%B1%D9%87%DB%8C%D8%A7%D8%A8-%D8%AC%D9%87%D8%A7%D9%86%DB%8C-%D8%B3%DB%8C%D9%84>
31. <https://msc.fema.gov/portal>
32. [https://en.wikipedia.org/wiki/File:2011\\_flooding\\_in\\_Ayutthaya\\_Province-EO-1\\_merged.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:2011_flooding_in_Ayutthaya_Province-EO-1_merged.jpg)
33. [https://en.wikipedia.org/wiki/2011\\_Thailand\\_floods](https://en.wikipedia.org/wiki/2011_Thailand_floods)



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش های راه آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir



## بررسی وضعیت سیل‌خیزی راه‌های کشور بر اساس سیمای حوزه‌های آبخیز

پرویز گرشاسبی<sup>۱</sup>، محمدعلی فتاحی اردکانی<sup>۲</sup>، مهدی شفقتی<sup>۳</sup>، سمیه نصراللهی<sup>۴</sup>

۱- معاون آبخیزداری، امور بیابان و مرتع سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور.

۲- مدیرکل دفتر کنترل سیلاب و آبخیزداری سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور.

۳- دکترای آب و هواشناسی دانشگاه خوارزمی تهران و رئیس گروه تهیه طرح‌های کنترل سیلاب و آبخیزداری سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور؛ [MLshafaghati70@yahoo.com](mailto:MLshafaghati70@yahoo.com)

۴- مدرس دانشگاه جامع علمی کاربردی استان البرز و کارشناس دفتر کنترل سیلاب و آبخیزداری سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور.

### چکیده:

سیلاب از خواص طبیعی رودخانه‌های سالم و پویا است که باعث ایجاد دره‌ها، تراس‌ها و تشکیل خاک‌های غنی و اراضی کشاورزی و زیستگاه‌های طبیعی و توازن بستر رودخانه‌ها می‌گردد. سیل ارمغانی الهی است که در یک حوزه آبخیز سالم فواید بسیاری داشته درحالی‌که خسارات ناشی از سیل و تشدید آن عمدتاً حاصل فعالیت‌های بشری و استفاده نامناسب از اراضی و نهایتاً آبخیزهای تخریب یافته به دست بشر است. معاونت آبخیزداری سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور با طراحی پرسشنامه‌های مخصوص، اطلاعات هر واقعه سیل در کشور را از طریق ادارات استانی دریافت و به شکل سالیانه جمع‌آوری نموده است. در این تحقیق با توجه به اطلاعات موجود، میزان خسارت سیل از دهه ۳۰ تا ۹۰ برآورد گردید. طرح سیمای حوزه‌های آبخیزها با هدف شناخت ویژگی‌های طبیعی حوزه آبخیز و هم‌چنین اولویت‌بندی حوزه‌ها به منظور اجرای طرح‌های آبخیزداری در قالب ۱۶ لایه اطلاعاتی و با پوشش ملی تهیه و در قالب اطلس توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور تهیه گردید. هم‌چنین لایه سیل کشور برحسب شدت سیل‌خیزی با ۸ درجه تهیه گردیده و در راستای بررسی درجه شدت سیل‌خیزی راه‌های کشور، از اطلس ملی سیل استفاده گردید. در محیط GIS لایه راقومی شدت سیل‌خیزی با لایه راقومی راه‌های کل کشور تلفیق گردیده و نتایج به صورت جداولی ارائه گردیده است. نتایج حاصل از این تحقیق،



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

نشان می‌دهد که جاده‌های آسفالت‌ه و جاده‌های روستایی در معرض خطر سیلاب‌های زیاد و خیلی زیاد قرار دارند و برای کنترل سیلاب و پیشگیری از خسارت در این جاده‌ها، اقدامات پیشگیرانه انجام شود. همچنین طول جاده‌های در معرض خطر سیل به تفکیک هراستان استخراج گردید که با بررسی جدول زیر مشاهده می‌گردد که استان فارس بیشترین طول جاده‌های در معرض خطر سیل را داراست. با توجه به نقشه موجود مشاهده می‌گردد که استان کهگیلویه و بویراحمد دارای کمترین طول جاده‌های در معرض خطر سیل را داراست.

**کلمات کلیدی: سیمای حوزه‌های آبخیز، لایه‌های رقومی، راه‌های کشور، سیل خیزی.**



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
مؤسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir



## مقدمه

جهان امروز شاهد بحران‌های طبیعی از جمله تغییرات آب‌وهوایی گسترده، تخریب منابع طبیعی، بیابان‌زایی، خشکسالی‌های پیاپی و کم‌آبی، جاری شدن سیل، بروز طوفان‌های شدید، افزایش ریزگردها و تغییرات وسیع کاربری اراضی با تأثیر از عوامل انسانی است که در پی آن منابع انسانی و اقتصادی در معرض تهدید قرار گرفته است. [7]

در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران، کم‌آبی معضلی است که امروزه باعث دغدغه فکری و نگرانی مسئولان کشور در سطوح مختلف سیاست‌گذاری، قانون‌گذاری و اجرایی شده و پیامدهای حاصله می‌تواند به یک بحرانی جدی تبدیل شود. [5]

بر اساس گزارش‌های وزارت نیرو تعداد بارش‌های کمتر از ۱۰ میلی‌متر افزایش یافته است که این به معنی کاهش روان‌آب‌ها در رودخانه‌ها و آبراهه‌هاست. از سوی دیگر شاهد تغییر الگوی بارش‌ها در کشور هستیم و بخشی از بارش‌ها به صورت رگبارهای شدید و کوتاه‌مدت اتفاق می‌افتد که حاصل آن وقوع سیلاب‌های مخرب است. [3]

از سویی دیگر بر اساس بیان متوسط آبی درازمدت کشور سالانه بیش از ۷۰ درصد حجم بارش کشور معادل ۲۸۳ میلیارد مترمکعب تبخیر گردیده و به جو بر می‌گردد. این رقم در براساس گزارش وزارت نیرو به ۲۹۳ میلیارد مترمکعب افزایش یافته و این در صورتی است که برنامه‌ای تاکنون برای مهار این بخش از هدررفت آب در کشور به عمل نیامده است [1].

تنوع شرایط اقلیمی و طبیعی کشور ما ایجاب می‌نماید تا راهکارهای متنوع و متناسب با شرایط هر منطقه را برای استحصال، ذخیره‌سازی و مدیریت منابع آب بکار بست. علیرغم تأکید مقام معظم رهبری در سیاست‌های کلان آب مبنی بر ایجاد تعادل و تناسب در سدسازی، احداث شبکه و آبخیزداری متأسفانه در نظام برنامه‌ریزی کشور این موضوع مورد توجه جدی قرار نگرفته است. [8]

سیاست‌های کلی نظام در بخش آب نیز تدوین برنامه جامع به منظور رعایت تناسب در اجرای طرح‌های سدسازی و آبخیزداری و آبخوان‌داری و شبکه‌های آبیاری و تجهیز و تسطیح اراضی و استفاده از آب‌های غیرمتعارف و ارتقای دانش و فنون و تقویت نقش مردم در استحصال و بهره‌برداری را از جمله تکالیف مهم دولت در زمینه مدیریت منابع آب قرار داده است. [10]





در دو دهه اخیر فعالیت‌های آب‌خیزداری نقش مؤثری در بهبود و پایداری وضع منابع آبی در مناطق مختلف کشور به‌ویژه در مناطق روستایی دورافتاده و صعب‌العبور داشته و این مهم مورد اقبال عمومی و همچنین مسئولین نظام در سطوح مختلف قرار گرفته است. [11] و [9]

## مواد و روش‌ها

### تعاریف

سیلاب: سیلاب عبارت است از آب فراوانی که به سرعت جاری شود و طغیان کرده، پهنه‌ای از زمین را که در شرایط عادی زیر آب نیست، فرو گیرد به عبارت دیگر سیل بالا آمدن نسبتاً زیاد آب در یک رودخانه یا مسیل است. این بالا آمدن حالتی نسبی داشته و اصولاً نسبت به رژیم عادی یا نرمال سنجیده می‌شود. مفهوم سیل یک اصطلاح نسبی است و نمی‌توان برای آن عدد و رقم بیان داشت، یا دبی معینی را ذکر کرد؛ زیرا هر رودخانه دبی سیلابی ویژه خود را داراست. [6] اکثر مردم وقوع سیل را زمانی می‌دانند که آب اراضی، کشت و زرع، مسکن و ابنیه آن‌ها را تهدید کند. بر این اساس مادام که آب در بستر دائمی رودخانه یا مسیل جریان داشته و موجب خسارت و تلفات نشده است عنوان سیل نخواهد داشت؛ اما هنگامی که حجم آب زیاد شود و بستر دائمی رودخانه توانایی انتقال آب را نداشته باشد و سطح آب آنقدر بالا آمده که در روی اراضی مجاور یا بستر سیلابی رود نیز جریان یابد، عنوان سیل یا سیلاب خواهد داشت. [2] با توجه به تعاریف فوق، سیل فقط در خارج از بستر دائمی رود یا مسیل رخ می‌دهد و موجب بروز تلفات و خسارات به انسان می‌گردد؛ اما زمانی مشاهده می‌شود که آب از بستر دائمی رود و مسیل خارج نشده. ولی خسارات و تلفاتی را به دنبال داشته است. این مسئله ناشی از اشغال بستر طبیعی رودخانه یا مسیل توسط انسان است. مانند سیل گلاب دره تجریش در شمال تهران که در مرداد ماه ۶۶ رخ داد و خسارات و تلفات بسیاری ببار آورد. در این ناحیه حتی در برخی نقاط بالای رودخانه نیز اشغال شده است [7].

## ۱- سیل و بررسی وضعیت سیلاب در کشور

تخریب منابع طبیعی و پوشش گیاهی منطقه از یک طرف ناشی از خشکسالی سال‌های اخیر و از طرف دیگر در اثر توسعه بی‌رویه و دخل و تصرف غیرمجاز توسط عوامل انسانی بوده است.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سواحل طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران





به دلیل کاهش پوشش گیاهی و تغییر کاربری اراضی، رواناب ناشی از بارش بعضاً تا بیش از ۳۰ برابر افزایش می‌یابد و گل‌ولای زیادی جابجا شده و خسارات و تلفات بسیاری را سبب می‌گردد. احداث سازه‌های تقاطعی نظیر پل و جاده بر روی رودخانه‌ها منجر به تنگ کردن مسیر عبور جریان و بعضاً حتی انسداد مجرا می‌شود. در سیل‌های اخیر این مسئله عامل عمده افزایش تلفات جانی که اغلب از سرنشینان خودروهای عبوری از محورهای ارتباطی منطقه بوده‌اند، به شمار می‌رود. [4]

جدول ۱- طول جاده‌های کشور

| نوع راه                    | واحد    | وضعیت  |
|----------------------------|---------|--------|
| آزادراه                    | کیلومتر | ۱۶۰۶   |
| بزرگراه                    | کیلومتر | ۶۱۸۰   |
| راه‌های اصلی               | کیلومتر | ۲۱۵۲۹  |
| راه‌های فرعی               | کیلومتر | ۴۳۴۸۹  |
| راه‌های روستایی (آسفالت‌ه) | کیلومتر | ۷۱۰۷۷  |
| راه‌های روستایی (شوسه)     | کیلومتر | ۳۹۴۸۱  |
| مجموع                      | کیلومتر | ۱۸۳۴۱۲ |

مأخذ: معاونت برنامه‌ریزی و اقتصاد حمل‌ونقل وزارت راه و ترابری

## ۲- روش تحقیق

در این تحقیق با توجه به اطلاعات موجود، میزان خسارت سیل از دهه ۳۰ تا ۹۰ برآورد گردید. طرح سیمای حوزه‌های آبخیزها با هدف شناخت ویژگی‌های طبیعی حوزه آبخیز و هم‌چنین اولویت‌بندی حوزه‌ها به منظور اجرای طرح‌های آبخیزداری در قالب ۱۶ لایه اطلاعاتی و با پوشش ملی تهیه و در قالب اطلس توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور تهیه گردید. هم‌چنین لایه سیل کشور برحسب شدت سیل‌خیزی با ۸ درجه تهیه گردیده و در راستای بررسی درجه شدت سیل‌خیزی راه‌های کشور، از اطلس ملی سیل استفاده گردید. در محیط GIS لایه رقومی شدت سیل‌خیزی با لایه رقومی راه‌های کل کشور تلفیق گردیده و نتایج به صورت جداولی ارائه گردیده است.



جدول ۲- وضعیت خسارات سیل در ایران

| دهه    | تعداد حوادث سیل | پل (دهنه) | راه شوسه (کیلومتر) | راه روستایی (کیلومتر) | تلفات انسانی (نفر) |
|--------|-----------------|-----------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| ۳۰     | ۱۷۹             | ۴۳        | ۸۶۰                | ۱۵                    | ۵۵۵۳               |
| ۴۰     | ۲۱۵             | ۹۷        | ۸۷۷                | ۲۱                    | ۷۱۸                |
| ۵۰     | ۴۰۵             | ۹۴        | ۸۳۲                | ۴۴                    | ۷۸۳                |
| ۶۰     | ۸۱۴             | ۸۲۶       | ۵۰۱۹               | ۱۰۵                   | ۳۳۲۹               |
| ۷۰     | ۲۰۳۸            | ۲۹۵۰      | ۸۱۰۶               | ۱۲۶۸۹                 | ۱۶۸۷               |
| ۸۰     | ۷۴۶             | ۱۶۴۱      | ۲۹۳                | ۱۹۹۹۷                 | ۵۷۳                |
| ۹۰     | ۱۰۴۶            | ۴۴        | ۵۵۱                | ۷۸۴                   | ۸                  |
| جمع کل | ۵۴۴۳            | ۵۶۹۵      | ۱۶۵۳۸              | ۳۳۶۵۵                 | ۱۲۶۵۱              |

طرح سیمای حوزه‌های آبخیزها با هدف شناخت ویژگی‌های طبیعی حوزه آبخیز و هم‌چنین اولویت‌بندی حوزه‌ها به منظور اجرای طرح‌های آبخیزداری در قالب ۱۶ لایه اطلاعاتی و با پوشش ملی تهیه و در قالب اطلس توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور منتشر شده است. لایه سیل کشور برحسب شدت سیل‌خیزی با ۸ درجه تهیه گردیده است (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۱۳۸۰). در راستای بررسی درجه شدت سیل‌خیزی راه‌های کشور، از اطلس ملی سیل استفاده گردید. در محیط GIS لایه راقومی شدت سیل‌خیزی با لایه راقومی راه‌های کل کشور تلفیق گردیده و نتایج به صورت جدولی ارائه گردیده است. بر این اساس نقشه و جدول شدت سیل‌خیزی به تفکیک هر نوع راه برای کل ایران تهیه گردیده است.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



### جدول ۳- وضعیت راه‌های کشور به تفکیک نوع شدت سیل خیزی در ایران

جدول طول راه‌های کشور به تفکیک نوع شدت سیل خیزی به کیلومتر

| نوع راه / نوع شدت سیل خیزی | خیلی زیاد | خیلی کم | زیاد  | طغیانی | کم    | متوسط | ناچیز  | نسبتاً زیاد | نسبتاً کم | فاقد محاسبه |
|----------------------------|-----------|---------|-------|--------|-------|-------|--------|-------------|-----------|-------------|
| آسفالته                    | ۳۲۶۵      | ۲۱۹۲۲   | ۴۵۰۷  | ۱۷۹۵   | ۶۵۳۳  | ۲۹۰۵  | ۳۴۵۲۳  | ۸۱۰۴        | ۲۳۰۸      | ۹۵          |
| آزادراه                    | ۶۲        | ۷۴۶     | ۲۵    | ۱۵۴    | ۹۵۹   | ۲۲۳   | ۳۶۷۶   | ۴۱۳         | ۵۶۰       | ۰           |
| خاکی - مال رو - شوسه       | ۱۳۶۹۳     | ۵۶۰۶۶   | ۱۴۴۰۵ | ۳۹۸۰   | ۴۵۸۷۹ | ۱۷۶۸۳ | ۶۷۰۹۴  | ۲۷۱۷        | ۹۰۷۴      | ۵۴۶         |
| بزرگراه                    | ۰         | ۱۸      | ۰     | ۰      | ۳۱۶   | ۰     | ۳۱۴    | ۱۴          | ۸۶        | ۰           |
| راه‌آهن                    | ۰         | ۱۱۶۸۷   | ۰     | ۵۸     | ۱۶۱۶  | ۷۳۰   | ۳۹۶۳   | ۲۲          | ۲۳۰       | ۰           |
| جمع                        | ۱۷۰۲۰     | ۹۰۴۳۹   | ۱۸۹۳۷ | ۵۹۸۷   | ۵۵۳۰۳ | ۲۱۵۴۱ | ۱۰۹۵۷۰ | ۱۱۲۷۰       | ۱۲۲۵۸     | ۶۴۱         |



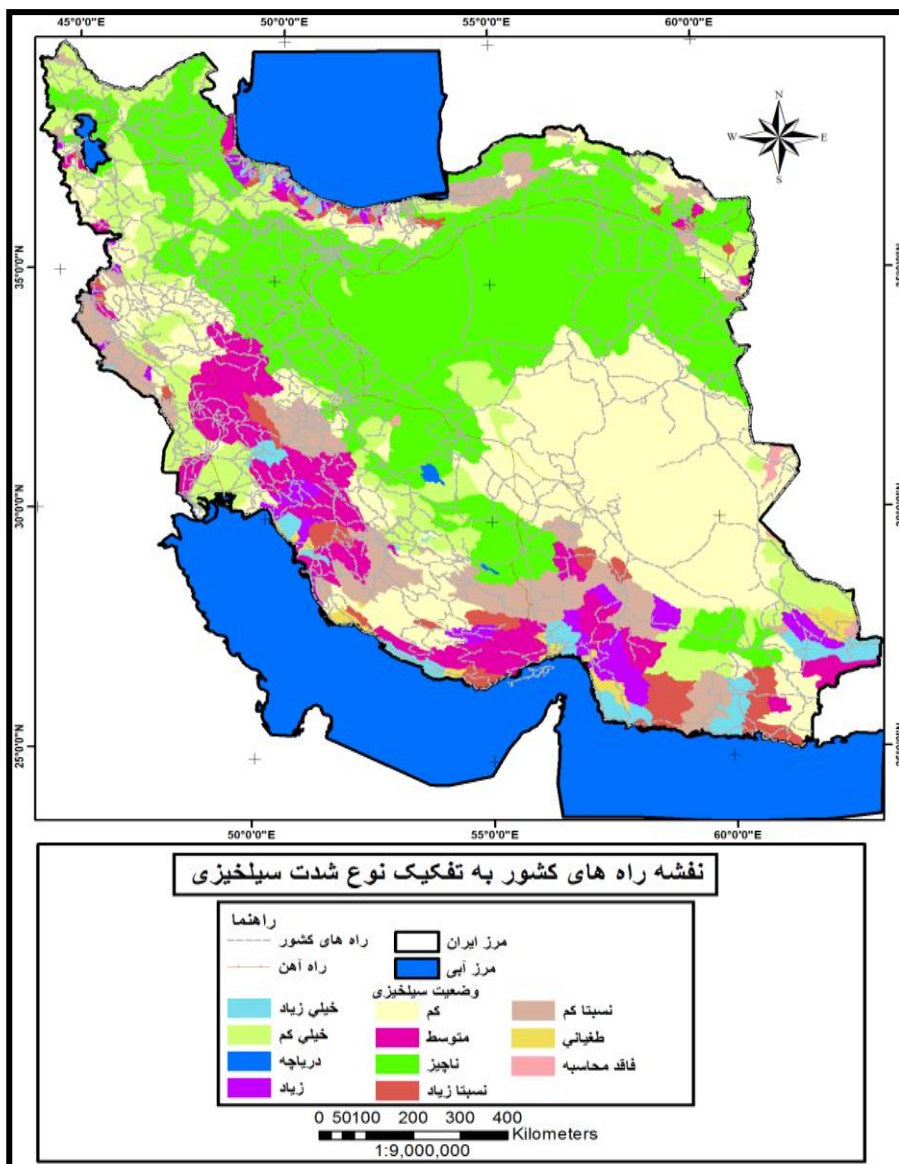


با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش های راه آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir

شکل ۱: نقشه راه های کشور به تفکیک نوع شدت سیل خیزی



## ۳- یافته‌ها

- با توجه به بررسی‌های انجام شده، مشاهده گردید که جاده‌های آسفالت‌ه و جاده‌های روستایی در معرض خطر سیلاب‌های زیاد و خیلی زیاد قرار دارند و برای کنترل سیلاب و پیشگیری از خسارت در این جاده‌ها، اقدامات پیشگیرانه انجام شود.

- همچنین طول جاده‌های در معرض خطر سیل به تفکیک هراستان استخراج گردید که با بررسی جدول زیر مشاهده می‌گردد که استان فارس بیشترین طول جاده‌های در معرض خطر سیل را داراست.

- با توجه به نقشه موجود مشاهده می‌گردد که استان کهگیلویه و بویراحمد دارای کمترین طول جاده‌های در معرض خطر سیل را داراست.

جدول ۳- طول جاده‌های در معرض خطر سیل

| نام استان                                    | جمع کل به کیلومتر | نام استان         | جمع کل به کیلومتر |
|----------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| قزوین                                        | ۵۰                | آذربایجان غربی    | ۸۸                |
| قم                                           | ۲۲                | آذربایجان شرقی    | ۱۲۳               |
| لرستان                                       | ۵۹                | اردبیل            | ۳۲                |
| مازندران                                     | ۷۵                | اصفهان            | ۲۸۲               |
| مرکزی                                        | ۲۵                | ایلام             | ۲۶                |
| هرمزگان                                      | ۶۷                | بوشهر             | ۳۴                |
| همدان                                        | ۴۹                | تهران             | ۷۸                |
| چهارمحال و بختیاری                           | ۵۱                | خراسان جنوبی      | ۵۲                |
| کردستان                                      | ۴۷                | خراسان رضوی       | ۱۴۱               |
| کرمان                                        | ۸۰                | خراسان شمالی      | ۳۰                |
| کرمانشاه                                     | ۱۰۵               | خوزستان           | ۱۹۶               |
| کهگیلویه و بویراحمد                          | ۱۰                | زنجان             | ۴۰                |
| گلستان                                       | ۹۰                | سمنان             | ۳۴                |
| گیلان                                        | ۱۳۹               | سیستان و بلوچستان | ۱۴۶               |
| یزد                                          | ۵۰                | فارس              | ۳۴۵               |
| جمع کل راه‌های در معرض خطر سیل: ۲۵۶۶ کیلومتر |                   |                   |                   |



### ملاحظات مدیریت آبخیز در مطالعه و احداث راه:

- بررسی جهات جغرافیایی و نقش آن‌ها در احداث راه‌ها
- شیب دامنه‌ها و نقش ترانشه‌های تند و نامناسب در حذف پایداری دامنه‌ها و نیز ایجاد لغزش
- جنس سازند و تشکیلات زمین‌شناسی منطقه
- جهت و امتداد سازند زمین‌شناسی
- آب‌های سطحی و زیرزمینی
- زهکش و هدایت هرز آب‌های سطحی
- تکامل رودخانه‌های مجاور راه‌ها و افزایش طبیعی و یا مصنوعی عمق رودخانه‌ها
- انقطاع آبراهه‌های دامنه و حذف مرفولوژی طبیعی آن‌ها
- جنگل و مرتع و نقش پوشش در حفاظت جاده از ریزش‌ها، لغزش‌ها
- میزان رسوب تولیدی که مستقیماً پس از برداشت ترانشه جاده وارد سیستم زهکشی حوزه می‌شود.
- میزان رسوب تولیدی از فرسایش سطحی و کناره‌ای جاده که دائماً وارد سیستم زهکشی حوزه می‌شود



شکل شماره ۱: حفاظت کنار راه‌ها

### راه‌کارهای مدیریت بهینه:

به منظور ایجاد هماهنگی و وحدت رویه در روند حفاظت و ایمن‌سازی راه‌های کشور و هماهنگی در مدیریت کارآمد جاده‌ها در سطح کشور موارد ذیل پیشنهاد می‌گردند:



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



- تشکیل کارگروه هماهنگی مدیریت جاده‌ها و راه‌های مواصلاتی با حضور مدیران سازمان‌ها و بخش‌های ذی‌ربط
- مدیریت حفاظت جاده‌ها و راه‌های مواصلاتی با اجرای قوانین و مقررات مصوب و پیشنهاد طرح‌ها یا لوایح اصلاحی از طریق مبادی ذی‌ربط
- تعیین حدود حریم جاده‌ها و راه‌های مواصلاتی، جهت انعکاس در طرح‌های جامع و تفصیلی به منظور احصاء ضوابط پیشنهادی تعیین کاربری اراضی و تأمین حفاظت و پایداری راه‌ها
- تدوین نقشه پهنه‌بندی خطرپذیری سیلاب، فرسایش‌های دامنه‌ای، بادی، برف و بهمین بر مبنای اولویت‌بندی اهمیت راه‌ها و پیش‌بینی فرآیند ساماندهی عرصه‌های خطرپذیر
- تأمین اعتبار مورد نیاز جهت مطالعات، طراحی و اجرای عملیات حفاظتی و پایدارسازی راه‌های کشور با ایجاد ردیف اعتباری مستقل در قوانین بودجه سنواتی ذیل برنامه راهبری حفاظت خاک و آبخیزداری وزارتخانه‌های راه و ترابری و جهاد کشاورزی منظور گردد.

## پیشنهادهای:

- ✓ طول جاده‌های در معرض خطر سیل کشور بالغ بر ۲۵۰۰ کیلومتر می‌باشند که اعتبار مورد نیاز جهت طراحی و اجرای عملیات ایمن‌سازی جاده‌ها و آبخیزداری در عرصه آبخیزهای مشرف بر راه‌های مواصلاتی فوق کمتر از ۱۰ درصد هزینه ساخت جاده در این مناطق است.
- ✓ لازم به ذکر است هزینه مرمت و بازسازی جاده‌های خسارت دیده بالغ بر ۱۸ درصد هزینه ساخت جاده می‌باشد.
- ✓ طول جاده‌های در معرض خطر زمین‌لغزش کشور بالغ بر ۵۷۶ کیلومتر می‌باشند که اعتبار مورد نیاز جهت طراحی و اجرای عملیات پایدارسازی و آبخیزداری معادل ۱۰۰ میلیون ریال در هکتار می‌باشد.





- ✓ طول جاده‌های در معرض خطر فرسایش بادی کشور قریب به ۹۰۰۰ کیلومتر می‌باشند که اعتبار مورد نیاز جهت طراحی و اجرای عملیات ایمن‌سازی جاده‌ها و آبخیزداری در عرصه آبخیزهای مشرف بر راه‌های مواصلاتی فوق کمتر از ۱۰ درصد هزینه ساخت جاده در این مناطق است.
- ✓ طول جاده‌های در معرض خطر برف و بهمن کشور بالغ بر ۱۸۰۰۰ کیلومتر می‌باشند که اعتبار مورد نیاز جهت طراحی و اجرای عملیات پایدارسازی و آبخیزداری کمتر از ۱۲ درصد هزینه ساخت جاده در این مناطق است.

## مراجع

۱. حبیبی، م. (۱۳۸۸). مدیریت سیلاب و رواناب سطحی در کلان‌شهرهای ایران، اولین همایش ملی آبخیزداری شهری.
۲. سردشتی، م. (۱۳۹۱). نقش مدیریت سیلاب در توسعه پایدار شهری، مجموعه مقالات کنفرانس ملی مدیریت سیلاب‌های شهری.
۳. قدوسی، ج. (۱۳۸۸). تحلیل راهبردها، امکانات و روش‌های استحصال آب با رویکرد آبخیزداری شهری، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران.
۴. شفق‌تی، م. نقش و جایگاه آبخیزداری و آبخوان‌داری در حفاظت و بهبود منابع آب کشور. (۱۳۸۹)، همایش ملی آب با رویکرد آب پاک، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور).
۵. صمدی بروجنی، ح. نقش و جایگاه آبخیزداری در آینده کنترل و بهره‌برداری از منابع آب کشور، (۱۳۸۵)، اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری از منابع آب حوزه‌های کارون و زاینده‌رود، شهرکرد.
۶. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. (۱۳۷۹). راهنمای روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب، نشریه شماره ۴۰.
۷. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، معاونت آبخیزداری، دفتر طرح‌ریزی و هماهنگی، (۱۳۹۵)، گزارش طرح ملی آبخیزداری و آبخوان‌داری به منظور کاهش اثرات خشکسالی، کم‌آبی و بهره‌وری بیشتر از نزولات آسمانی (ضرورت و اولویت‌ها).
۸. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، (۱۳۸۷)، اداره کل منابع طبیعی استان اصفهان، گزارش ارزیابی تأثیرات اجرای پروژه‌های آبخیزداری در اصفهان.
۹. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، اداره کل منابع طبیعی استان کرمان، (۱۳۹۰)، گزارش ارزیابی تأثیرات اجرای پروژه‌های آبخیزداری.
۱۰. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، معاونت آبخیزداری، (۱۳۹۵)، گزارش سیمای آبخیزداری ایران.



شرکت مدیریت منابع آب ایران



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب



5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۴۰۳

۱۱. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، معاونت آبخیزداری، (۱۳۹۳)، فروردین، سیاست‌ها و برنامه‌های آبخیزداری و نقش آن در استحصال و ظرفیت‌سازی منابع آب.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۳  
www.ifmc.ir ♦ info@ifmc.ir



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00380014

## پهنه‌بندی سیلاب ناشی از شکست سد و تأثیر آن بر پایین دست منطقه با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS

بهروز دولتی<sup>۱\*</sup>، مرتضی میرزایی لیما<sup>۲</sup>، وحید خرمی<sup>۳</sup>، رضا جمشیدی<sup>۴</sup>

۱، ۲ و ۳- کارشناس آب منطقه‌ای استان گیلان.

۴- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد سازه‌های آبی.

\*Esparoo54@gmail.com



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

### چکیده:

با رشد جمعیت، کمبود منابع آب‌های شیرین و نیاز به ذخیره و استفاده بهینه از آب‌های شیرین موجود، احداث سدهای مخزنی افزایش یافته است. با همه اهمیت سدهای مخزنی در جوامع بشری، این سازه‌های بزرگ آبی خطر شکست را به دنبال دارند. از این‌رو تحلیل پدیده شکست و ارزیابی خسارات ناشی از آن، از شدت این خسارات می‌کاهد. در پژوهش حاضر شکست سد مخزنی شفارود و تأثیر آن بر منطقه رضوانشهر در استان گیلان، مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور شبیه‌سازی شکست و روندیابی سیل ناشی از شکست سد توسط مدل HEC-RAS انجام شد. در پایان نیز پروفیل‌های جریان و سطح آب و سطح تراز آب در زمان‌های مختلف تعیین شده است. با توجه به آنالیز شکست سد، پروفیل‌های سطح جریان در حالت اولیه و حداکثر، بررسی چندین مقطع پایین دست سد از نظر توزیع سرعت و تراز آب گرفتگی، در انتها نتایج حاصل از آنالیز شکست نشان داد که پارامترهای شکست تأثیر زیادی بر مقدار پیک جریان خروجی از شکاف شکست و سرعت و ارتفاع و اندازه جریان می‌گذارد. نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های مختلف و تهیه برنامه اقدامات اضطراری مفید باشد.

کلمات کلیدی: HEC-RAS، سد شفارود، شکست سد، رضوانشهر، روندیابی سیل.

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۶۶ و ۶۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



## ۱- مقدمه

با پیشرفت علم و تکنولوژی در زمینه‌های مختلف کشاورزی، صنعتی و همچنین توسعه شهرها و افزایش جمعیت در دهه‌های اخیر نیاز به آب در جوامع بشری بالا رفته است. انسان‌ها همواره با مسائل مربوط به رودخانه‌ها و دریاها سروکار داشته‌اند و سعی در حل مشکلات مربوط، بر اساس اطلاعات موجود از پدیده مورد بررسی نموده‌اند.

با توجه به صدمات مالی و جانی زیاد ناشی از شکست سد، این پدیده یکی از مخرب‌ترین حوادث به شمار می‌رود. در این پدیده حجم زیادی از آب پشت سد در مدت زمان کوتاه رها می‌شود که تخمین سرعت و ارتفاع موج حاصل از این پدیده در برآورد خسارت‌های ناشی از شکست احتمالی سدها، از دیرباز مورد توجه و مطالعه محققین بوده است. عاملی که بیش از هرچیز دقت مدل‌سازی شکست سد را متأثر می‌سازد، فقدان اطلاعات در این مورد است که سدها چرا و چگونه شکسته‌اند.

## ۱-۱- شکست سد

با همه اهمیتی که سدهای مخزنی در جوامع بشری دارند، شکست این سدها و جاری شدن سیل از آن‌ها، تلفات جانی و مالی بسیاری در مناطق پایین دست سد ایجاد می‌کند. شکست در سدهای بتنی به صورت آنی می‌باشد و با گسترش آن، سد شکسته شده و آب ذخیره شده در پشت آن ناگهان به سمت پایین دست تخلیه می‌شود. عوامل مختلفی باعث ایجاد شکست در سدهای بتنی می‌شوند که از آن میان می‌توان روگذری، نشست داخلی در پی و تکیه‌گاه، لغزش، شکاف، واژگونی و زلزله را نام برد.

آنالیز شکست سد اغلب با دو هدف اصلی، تعیین هیدروگراف خروجی از مخزن و روندیابی این هیدروگراف در طول مسیر پایین دست انجام می‌شود (حسن‌زاده، ۱۳۸۳). شکل و زمان هیدروگراف خروجی، فاکتوری مهم در آنالیز موج سیلاب شکست سد است. از آنجا که در پایاب سدها مناطق مسکونی، تجاری، صنعتی و کشاورزی وجود دارد، پیش‌بینی صحیح تراز و زمان رسیدن موج سیلاب در هر منطقه می‌باشد.

در نوشته‌های پیشین از چهار روش به عنوان روش‌های آنالیز شکست سد نام برده شده است که شامل موارد زیر است (حسن‌زاده، ۱۳۸۶).



۱) آنالیز مقایسه‌ای: در این روش مواردی از قبیل هندسه سد، ارتفاع، زوایای شیب و مساحت و حجم با سدهایی که شکسته شده مقایسه شده و اگر سد موردنظر شبیه به سدی شکسته شده باشد، پارامترهای شکست سد و اوج سیلاب شکست برای آن تعیین می‌شود.

۲) روش‌های تجربی: معادلات تجربی هندسه شکست و زمان شکست و همچنین اوج سیلاب شکست را محاسبه می‌کند. این معادلات بر پایه داده‌هایی موجود از سدهای شکسته شده و با آنالیزهای ریاضی به دست آمده‌اند. مهم‌ترین و پرکاربردترین معادلاتی که از طریق آن‌ها و یا نمودارهای پیش‌بینی‌کننده پارامترهای شکست سد ایجاد شده‌اند عبارتند از: مک دونالد و لنگراید<sup>۱</sup> (۱۹۸۴)، USBR (۱۹۸۸)، ون سان و گیلته<sup>۲</sup> (۱۹۹۰) و فرولیچ<sup>۳</sup> (۱۹۹۵ و ۲۰۰۸). این روابط نتایج قابل قبولی را در مقایسه با مقادیر مشاهداتی نشان داده‌اند.

۳) مدل‌هایی بر پایه فیزیک: این مدل‌ها یک سری از روابط که بر پایه فیزیک هستند را برای ایجاد چارچوب مدل به کار می‌برند. مدل سپس این روابط را برای داده‌های ورودی حل می‌کند. این تنها یک ساده‌سازی از مدل است درحالی‌که این حل بسیار پیچیده است زیرا با گذشت زمان داده‌های ورودی تغییر می‌کند. در آنالیز شکست سد هم ورودی‌ها و هم قیود در همان حالی که سد فرسایش می‌یابد و مخزن در حال تخلیه است، با گذشت زمان تغییر می‌کند.

۴) مدل‌های پارامتری: مدل‌های HEC-RAS و HEC-HMS مدل‌های کامپیوتری پارامتریکی هستند که اوج دبی و هیدروگراف شکست سد را بر پایه پارامترهایی که توسط کاربر برای آن‌ها تعریف می‌شود، پیش‌بینی می‌کند. آن‌ها همچنین می‌توانند به روند‌هایی هیدروگراف سیل در پایین‌دست پردازند و در مواقعی مدل HEC-RAS می‌تواند برای تعیین شرایط هیدرولیکی در برخی موقعیت‌های بحرانی به کار رود. این مدل‌ها بر دو نوع هیدرولوژیکی و هیدرولویکی هستند. با گسترش رایانه‌ها، به کارگیری آن‌ها به منظور پیش‌بینی و تجزیه و تحلیل شکست‌ها کاربرد فراوانی یافته است. نرم‌افزارهای متعددی از جمله DAMBRK، FLUENT، HEC-RAS، FLDWAV، BREACH و غیره تاکنون در زمینه شکست سد به کار رفته‌اند. همچنین نرم‌افزار HEC-RAS



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

<sup>1</sup> MacDonald & Langridge

<sup>2</sup> Von Thun & Gillete

<sup>3</sup> Froehlich



معروف‌ترین و پرکاربردترین مدل در تجزیه و تحلیل هیدروگراف های سیلاب می باشد. به کارگیری این نرم افزارها دقت و سرعت آنالیز شکست سد را افزایش داده است. این مسئله استفاده روزافزون از مدل های ریاضی را به دنبال داشته است.

در سال های اخیر کارهای زیادی توسط محققین در زمینه مدل سازی شکست سد به وسیله HEC-RAS و HEC GeoRAS انجام شده است که در این قسمت به چند مورد از آن ها اشاره می شود.

هوشمند دیارجان (۱۳۸۶)، مطالعات مربوط به تحلیل شکست دو سد ملاصدرا و درودزن و روندیابی سیلاب ناشی از آن در پایین دست ملاصدرا را مورد بررسی قرار داده است. جهت یافتن پارامترهای شکست از مدل BREACH و جهت روند یابی سیلاب ناشی از شکست سد ملاصدرا از مدل HEC-RAS 3.1.3 استفاده شده است. ساناز بمبئی چی جریان غیردائمی ناشی از شکست سد را به وسیله HEC-RAS تحلیل کرده است (مطالعه موردی سد بید اسفراین) و تجربیات خود را از کار با این نرم افزار بیان کرده است.

قدم پور (۱۳۸۸)، شکست و پهنه بندی سیلاب ناشی از آن را، با نرم افزارهای HEC-RAS و Areview و Mike11 انجام داده است. در این تحقیق شکست سد تنگ سرخ بر روی رودخانه خشک شیراز مورد بررسی قرار گرفته است.

پارودی (۲۰۱۱)، رودخانه رونی را به وسیله HEC-RAS و HECGeoRAS برای سیلاب های مختلف مورد مطالعه قرار داد. آسیریت آنالیز حساسیت برای پارامترهای مقطع شکست سد را با مطالعه موردی سد لندکریک ارائه کرد. در این پژوهش از نرم افزار HEC-RAS برای روندیابی سیلاب ناشی از شکست سد استفاده شده است. مایکل جیبل شکل شکاف ایجاد شده در زمان شکست سد را از روش های مختلف برآورد کرده و سیلاب ناشی از این شکل شکاف ها را مقایسه کرده است.

ژی یانگ (۲۰۱۱)، وقوع حداکثر سیلاب محتمل را در سه حالت وجود سد، شکست سد و نبود سد برای سد فوستر جورف مقایسه کرده است. در این پژوهش از نرم افزار Hec-Rac برای مدل سازی سیلاب استفاده شده است. ووژنوسکی سیلاب ناشی از شکست سد Macallen را به وسیله HEC-RAS محاسبه کرده است.



## ۲- منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه از نظر تقسیمات کشوری در استان گیلان و در جنوب غرب و غرب شهرستان بندرانزلی قرار دارد. حوزه آبریز مربوط دربرگیرنده بخشی از حوزه آبریز دریای خزر می‌باشد. رقوم بالاترین نقطه حوزه‌های آبریز مورد مطالعه ۲۸۸۷ متر از سطح دریا و پایین‌ترین ارتفاع نیز در حاشیه دریاچه خزر حدود ۲۵ متر پایین‌تر از سطح دریا است. حوزه‌های آبریز مورد مطالعه در فاصله طول جغرافیائی ۴۱° ۴۸' تا ۱۵° ۴۹' شرقی و عرض‌های ۲۴' ۳۷° تا ۳۶' ۳۷° قرار گرفته است.

این محدوده که شامل رودخانه‌های شفارود می‌باشد جزء منابع آب حوزه آبریز دریای خزر و فومانات یا تالاب انزلی محسوب می‌گردد. رودهای فومانات تعدادی زهکش‌های طبیعی هستند که جریان سطحی ناشی از نزولات جوی را در قوس کوچکی از دامنه‌های شمالی ارتفاعات تالش جنوبی جمع‌آوری نموده از طریق تالاب انزلی وارد دریای خزر می‌نماید. مساحت و محیط آن‌ها ۸۳ و ۶۹/۵ کیلومتر می‌باشد. همچنین شیب متوسط حوزه آبریز از عوامل مهم مورفولوژیکی حوزه آبریز می‌باشد. مقدار شیب متوسط حوزه‌های آبریز رودخانه‌های شفارود و چاف رود به ترتیب ۱۹ و ۲۰/۶ درصد برآورد گردیده است.

## ۲-۲- سد مخزنی شفارود

سد مخزنی شفارود بر روی رودخانه شفارود و در ۶ کیلومتری جنوب غربی شهرستان رضوانشهر و با فاصله حدود ۶۵ کیلومتر از رشت (مرکز استان گیلان) بنا می‌گردد.

محدوده طرح شفارود بخشی از اراضی دشت گیلان بوده که از شمال به دریای خزر و رودخانه دیناچال، از جنوب به رودخانه شاندرمن، از شرق به کانال منشعب از شبکه سفیدرود و از غرب به ارتفاعات جنگلی محدود می‌گردد.

همچنین اهداف اصلی این سد شامل موارد زیر می‌شود.

- ✓ تأمین آب مورد نیاز کشاورزی منطقه به میزان ۴۵/۵ میلیون مترمکعب در سال
- ✓ تأمین آب مورد نیاز حفظ محیط‌زیست به میزان ۳۳/۸ میلیون مترمکعب در سال
- ✓ تأمین آب شرب به میزان ۲۳ میلیون مترمکعب در سال



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سونج طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



✓ تأمین آب مورد نیاز صنایع به میزان ۱۰ میلیون مترمکعب در سال

✓ تولید انرژی برق آبی به میزان متوسط سالانه ۲۵٫۳ گیگاوات ساعت

✓ اشتغال‌زایی در منطقه

✓ کنترل سیلاب‌های فصلی به منظور حفظ اراضی پایین دست سد

منطقه مورد مطالعه از نظر اقلیمی جزو مناطق نیمه گرمسیر و مرطوب با تابستان‌های نسبتاً گرم می‌باشد. متوسط بارندگی حوضه شفارود ۸۳۹ میلی‌متر در سال و از پرباران‌ترین نقاط کشور است. متوسط رطوبت نسبی سالانه معادل ۸۲ درصد و پرباران‌ترین ماه‌های سال، مهر و شهریور است. بین ماه‌های سال، تیر بیشترین ساعات آفتابی و بهمن کمترین ساعات آفتابی را دارد. همچنین در جدول (۱) مشخصات مخزن سد آورده شده است.

جدول (۱) مشخصات مخزن سد

| مشخصات مخزن             |                       | مشخصات مخزن                        |                      |
|-------------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------|
| تراز بستر رودخانه       | ۹۴ متر از سطح دریا    | حجم مفید مخزن                      | ۴۰٫۷ میلیون مترمکعب  |
| تراز تاج سد             | ۱۸۶ متر از سطح دریا   | سطح مخزن در تراز نرمال بهره‌برداری | ۱٫۶۷ کیلومترمربع     |
| حجم مخزن در تراز تاج سد | ۶۴٫۸ میلیون مترمکعب   | طول مخزن در تراز نرمال بهره‌برداری | ۵٫۷ کیلومتر          |
| طول مخزن در تراز تاج سد | ۶٫۲ کیلومتر           | آبدهی بلندمدت سالانه               | ۱۷۳٫۶ میلیون مترمکعب |
| تراز نرمال بهره‌برداری  | ۱۷۸٫۹ متر از سطح دریا | تراز حداقل بهره‌برداری             | ۱۲۷ متر از سطح دریا  |

## ۲-۳- علت انتخاب محدوده موردنظر

همان‌گونه که قبلاً گفته شد، بر روی رودخانه شفارود سد مخزنی قرار دارد و نحوه بهره‌برداری از این سد یک عامل تعیین‌کننده در میزان سیلاب پایین دست رودخانه می‌باشد. از دیدگاه مهار سیلاب بهترین حالت زمانی است که سد ظرفیت کافی برای ذخیره‌سازی همه حجم سیلاب داشته باشد. در این صورت سیلاب به تمامی در مخزن ذخیره می‌گردد و متعاقباً به تدریج و متناسب با نیازهای پایین دست و ظرفیت انتقال رودخانه، از تخلیه‌کننده‌های سد، جریان می‌یابند. بدترین



حالت هنگامی است که مخزن هیچ ظرفیتی برای ذخیره‌سازی سیلاب نداشته باشد. در این صورت سیل پس از ورود به مخزن از سرریزها تخلیه می‌گردد. میزان تخلیه بستگی به میزان سیلاب و ظرفیت تخلیه کننده‌ها دارد. سد شفارود می‌تواند حداکثر ۵۰۰ مترمکعب بر ثانیه دبی را از ارگان‌های تخلیه کننده سد تخلیه نماید حال اگر میزان زیادی دبی از سد تخلیه شود وضعیت بحرانی پدید می‌آید بنابراین مدیریت بهره‌برداری از سد بایستی تدابیر لازم را برای جلوگیری از رویداد چنین حالتی بیان‌دیشد و در سناریوی بهره‌برداری از سد، لحاظ نماید. برقراری یک مدل سیستم هشدار سیل، برای آگاهی دادن به اهالی پایین‌دست سد، می‌تواند در کاهش خسارت‌ها، در شرایط بحرانی بسیار مفید باشد.

### ۳- مواد و روش

نخست هندسه رودخانه، مخزن و ساختمان سد را مدل کرده، سپس با انتخاب پارامترهای شکست، شبیه‌سازی شکست با فرض شکست در تراز نرمال همراه با ورود سیل با دوره بازگشت ۱۰۰۰ به مخزن سد، در مدل HEC-RAS شبیه‌سازی شده است. پس از شبیه‌سازی، روندیابی سیلاب ناشی از شکست و تعیین پهنه سیلابی صورت گرفت.

در این بخش نخست داده‌هایی که در مدل شکست سد وارد مدل HEC-RAS شده به تفصیل بیان می‌شود. سپس برپایه این داده‌ها، شکست سد مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته که توصیف می‌شود.

### ۳-۱- مقطع عرضی

در قسمت معرفی پروژه، اولین مقطع عرضی پایاب به عنوان اولین داده وارد مدل می‌شود. مدل، مقطع عرضی را به روش عرض - مقطع در ارتفاعات مختلف دریافت می‌کند. همچنین در هر ارتفاع ضریب زبری مانینگ برای آن تعریف می‌شود. بدین منظور مقطع شماره ۹۶ از سری نقشه‌های اخذ شده از شرکت آب منطقه‌ای گیلان که در شکل (۱) نشان داده شده است، وارد مدل شد. در این پژوهش تعداد ۱۸۱ مقطع عرضی که به صورت نزولی از بازه سد شفارود تا دریا به طول تقریباً ۱۱ کیلومتر لحاظ شده است، مدل‌سازی می‌شود.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

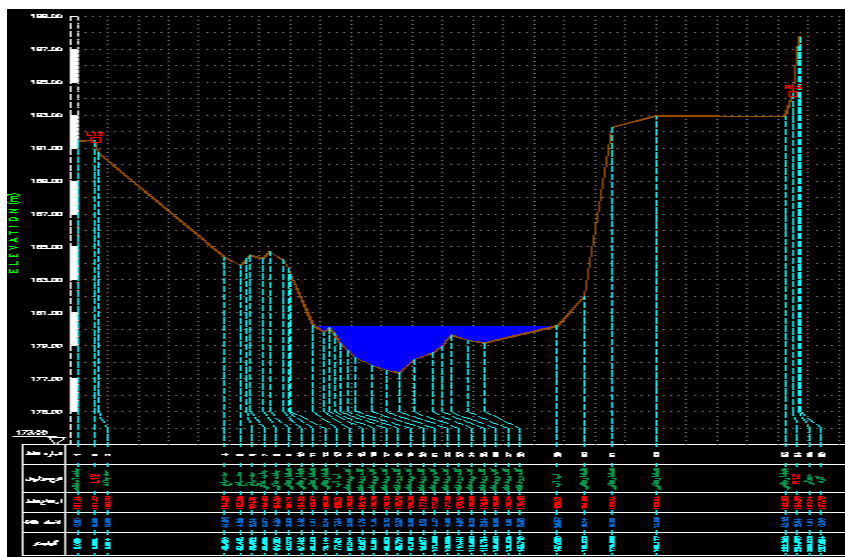


پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران





شکل (۱) نقشه مقاطع رودخانه

### ۳-۲- ضریب زبری مانینگ

برای محاسبه مشخصه‌های جریان رودخانه، ابتدا مقدار مقاومت در مقابل جریان توسط جداره‌ها محاسبه و برای تعیین شیب سطح آب استفاده می‌شود. جداره رودخانه‌ها از جنس خاک و سنگ، موانع و پوشش گیاهی تشکیل یافته‌اند که باعث اصطکاک و ایجاد تنش برشی بین آب و جداره گشته و گاهی موجب فرسایش جداره شده و به مرور زمان باعث تغییر در شکل هندسی رودخانه می‌گردد. نوع دیگر موانع حرکت جریان در آبراهه مربوط به تلفات ناشی از آشفتگی جریان، ناهمگنی و نامنظمی مقاطع عرضی و هندسی آن در طول مسیر می‌باشد که می‌توان خم‌ها، تنگ‌شدگی‌ها و گشادشدگی‌های رودخانه و شکل بستر را نام برد. مقاومت در مقابل جریان در ضریب زبری‌های مختلف نظیر زبری مانینگ، شزی و دارسی - وایسباخ متبلور گردیده است که ضریب زبری مانینگ بیشتر در ارتباط با رودخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ضریب تعریفی از مقاومت، زبری و هندسه جداره‌های رودخانه‌ها و مصالح آن در مقابل مشخصات جریان و تغییرات آن را به دست می‌دهد. در روابط فوق‌الذکر، مقدار مقاومت در مقابل جریان به صورت شیب خط



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

هیدرولیکی آب (Sf) و با استفاده از رابطه مانینگ محاسبه می‌گردد. مقدار مقاومت جریان با استفاده از روابط استریکлер، رانگاراچو به زبری بستر و دانه‌بندی مصالح مرتبط گردیده است.

### ۳-۳- شرایط مرزی و نقاط کنترل

برای انجام محاسبات پروفیل سطح آب لازم است ابتدا طبق روش معمول در تمام مدل‌های عددی شرایط مرزی اولیه و نقاط کنترل و مشاهدات تاریخی به مدل معرفی گردند. در مدل کامپیوتری HEC – RAS شرایط مرزی شامل مرز بالادست و پایین‌دست می‌باشند که می‌تواند شامل مقادیر دبی و تراز سطح آب معلوم و یا شیب سطح آب و یا عمق بحرانی باشد. همچنین منحنی دبی – اشل نیز می‌تواند به عنوان شرایط مرزی بالادست و پایین‌دست تعریف شود. نقاط کنترل نقاط داخلی هستند که در آن‌ها شرایط جریان مشخص و یا تحت شرایط خاصی می‌باشد. نظیر ایستگاه‌های آبسنجی که منحنی دبی – اشل آن‌ها مشخص است و یا سرریزها که جریان روی آن‌ها به حالت بحرانی می‌رسد. موقعیت‌های تشکیل پرش هیدرولیکی نیز به عنوان نقاط کنترل مطرح هستند.

در مطالعات حاضر شرط مرزی بالادست در واقع دبی پیک سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله است که به بازه مدنظر در رودخانه شفاورد وارد می‌شود. با توجه به اینکه دبی پیک سیلاب ۲۵ ساله در ایستگاه پونل برابر با ۲۲۵ مترمکعب بر ثانیه است که این دبی به عنوان ملاک تعیین حد بستر و حریم رودخانه شفاورد در این مطالعات مدنظر قرار خواهد گرفت.

### ۳-۴- ترازها

در این قسمت ترازهای مختلف در شروع شبیه‌سازی شامل تراز سطح آب در مخزن، تراز بالای سد، تراز کف سد، برای مدل تعریف می‌شود. برخی از این ترازها ثابت و به هندسه سد مربوط هستند. این ترازها در همه حالات شکست ثابت در نظر گرفته شده‌اند. از آنجا که تراز شروع شکست از پیش مشخص نبوده و ممکن است در هر تراز رخ دهد، لذا تراز ۱۶۸/۵۲ سد به عنوان تراز شروع شکست اختیار شد.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



## ۳-۵- پارامترهای شکست

این قسمت از مدل نیاز به پارامترهایی دارد که برخی ثابت و برخی بنا به نظر کاربر تعریف می‌شود. پارامترهایی مثل عرض تاج سد، طول تاج، شیب رودخانه پایین دست که به عنوان پارامترهای ثابت در نظر گرفته می‌شوند. شیب کانال رودخانه در بازه موردنظر باتوجه به پروفیل طولی و هندسه رودخانه به مقدار ۰/۰۳ تعیین گردید. شکل شکست به صورت دوزنقه‌ای با عرض ۸۰ متر در کف که برابر با ۲۶/۰ طول تاج سد می‌باشد، شیب جانبی شکست ۱/۱، تراز نهایی کف شکست رقوم ۱۰۰، زمان کامل شکل‌گیری شکست در حدود ۰/۱ ساعت (۶ دقیقه) و مدت شبیه‌سازی ۲۴ ساعت که از شکل (۲) انتخاب گردیدند.

| Dam Type         | Average Breach Width ( $B_{avg}$ ) | Horizontal Component of Breach Side Slope (H) (H:V) | Failure Time, $t_f$ (hours) | Agency     |
|------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------|------------|
| Earthen/Rockfill | (0.5 to 3.0) x HD                  | 0 to 1.0                                            | 0.5 to 4.0                  | USACE 1980 |
|                  | (1.0 to 5.0) x HD                  | 0 to 1.0                                            | 0.1 to 1.0                  | FERC       |
|                  | (2.0 to 5.0) x HD                  | 0 to 1.0 (slightly larger)                          | 0.1 to 1.0                  | NWS        |
|                  | (0.5 to 5.0) x HD*                 | 0 to 1.0                                            | 0.1 to 4.0*                 | USACE 2007 |
| Concrete Gravity | Multiple Monoliths                 | Vertical                                            | 0.1 to 0.5                  | USACE 1980 |
|                  | Usually $\leq 0.5$ L               | Vertical                                            | 0.1 to 0.3                  | FERC       |
|                  | Usually $\leq 0.5$ L               | Vertical                                            | 0.1 to 0.2                  | NWS        |
|                  | Multiple Monoliths                 | Vertical                                            | 0.1 to 0.5                  | USACE 2007 |
| Concrete Arch    | Entire Dam                         | Valley wall slope                                   | $\leq 0.1$                  | USACE 1980 |
|                  | Entire Dam                         | 0 to valley walls                                   | $\leq 0.1$                  | FERC       |
|                  | (0.8 x L) to L                     | 0 to valley walls                                   | $\leq 0.1$                  | NWS        |
|                  | (0.8 x L) to L                     | 0 to valley walls                                   | $\leq 0.1$                  | USACE 2007 |
| Slag/Refuse      | (0.8 x L) to L                     | 1.0 to 2.0                                          | 0.1 to 0.3                  | FERC       |
|                  | (0.8 x L) to L                     |                                                     | $\leq 0.1$                  | NWS        |

\*Note: Dams that have very large volumes of water, and have long dam crest lengths, will continue to erode for long durations (i.e., as long as a significant amount of water is flowing through the breach), and may therefore have longer breach widths and times than what is shown in Table 3. HD = height of the dam; L = length of the dam crest; FERC - Federal Energy Regulatory Commission; NWS - National Weather Service

شکل (۲) جدول مربوط به تعیین پارامترهای شکست

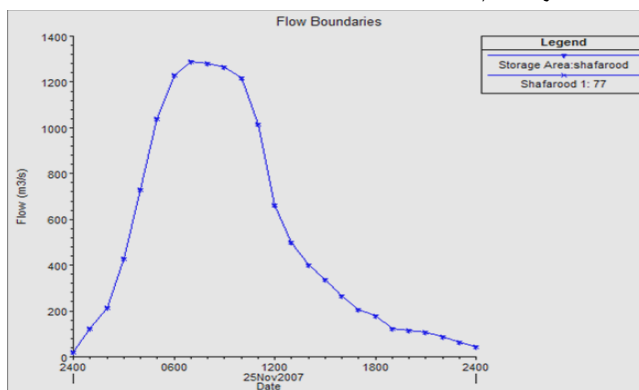
## ۳-۶- شرایط مرزی و شرایط اولیه

مرزهای یک مدل به عنوان سطح تماس جریان مدل شده با محیط خارج آن محسوب می‌شوند. تمام مرزها روی فرآیند جریان تأثیر می‌گذارند و تعریف غیردقیق آن‌ها می‌تواند تأثیر زیادی در کاهش دقت پیچیده‌ترین و پیشرفته‌ترین مدل‌ها داشته باشد. درستی شرایط مرزی انتخاب شده با تحلیل حساسیت ارزیابی می‌شود. شرایط مرزی به کار برده شده می‌تواند از نوع شرایط مرزی





ثابت یا متحرک باشد. در شرایط مرزی ثابت، تمام مرزها تا انتهای محاسبات مدل ثابت باقی می‌مانند. درحالی‌که در شرایط مرزی متحرک، بعضی از شرایط مرزی با رخ دادن مقادیر بحرانی مشخصی از فرآیند جریان مدل شده (رقوم، دبی، سرعت جریان) تغییر می‌کنند. در این پژوهش مخزن سد به عنوان شرایط مرزی بالادست رودخانه که هیدروگراف سیل با دوره بازگشت ۱۰۰۰ سال به مدت ۲۴ ساعت به عنوان هیدروگراف جریان در زمان شبیه‌سازی وارد مخزن می‌شود که مقدار پیک آن ۱۲۹۰ مترمکعب بر ثانیه که در شکل (۳) نمایان است و برای شرایط مرزی پائین دست در محل ورود رودخانه شفارود به دریا، عمق نرمال که معادل شیب کف رودخانه می‌باشد، اختیار گردید. علاوه بر شرایط مرزی، باید شرایط اولیه مدل در آغاز شبیه‌سازی جریان غیرماندگار وارد گردد. لذا برای این پژوهش جریان اولیه ۳۵ مترمکعب در ابتدای بازه لحاظ گردید و تراز اولیه مخزن در رقوم ۱۶۷٫۵ متر تنظیم شد.



شکل (۳) هیدروگراف ورودی به مخزن با دوره بازگشت ۱۰۰۰ سال

#### ۴- بحث و نتایج

نتایج حاصل از نرم‌افزار مانند پروفیل جریان و سطح آب، هیدروگراف جریان و دبی خروجی از شکاف شکست ارائه شده است.

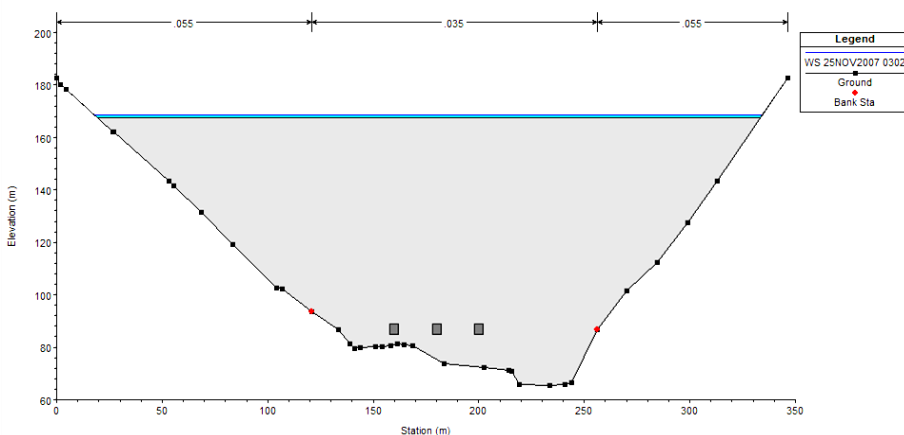




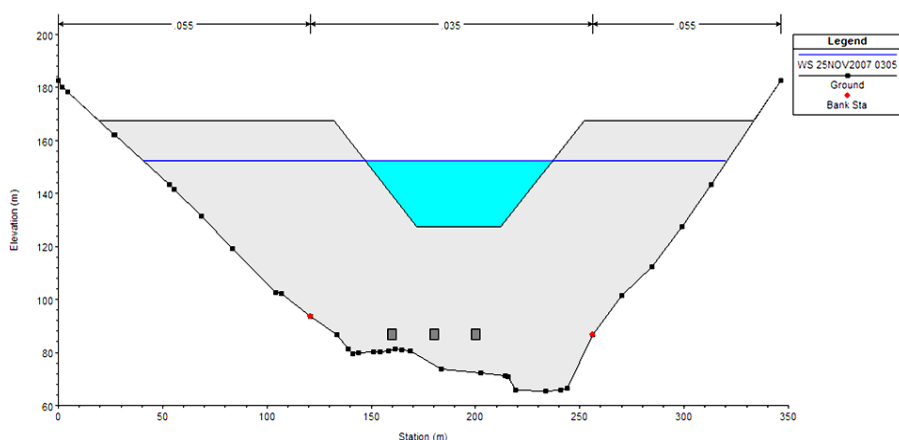
## ۴-۱- تراز مقاطع و پروفیل سطح آب در سد و پایین دست سد

### ۴-۱-۱- سد

شکل (۴) و (۵) و (۶) به ترتیب؛ مقطع سد، تراز آب پشت سد و گسترش شکاف شکست در زمان قبل، زمان ۳ دقیقه و زمان ۶ دقیقه بعد از شروع شکست را نشان می‌دهد.



شکل (۴) مقطع سد قبل از شروع شکست



شکل (۵) مقطع سد در زمان ۳ دقیقه بعد از شکست سد



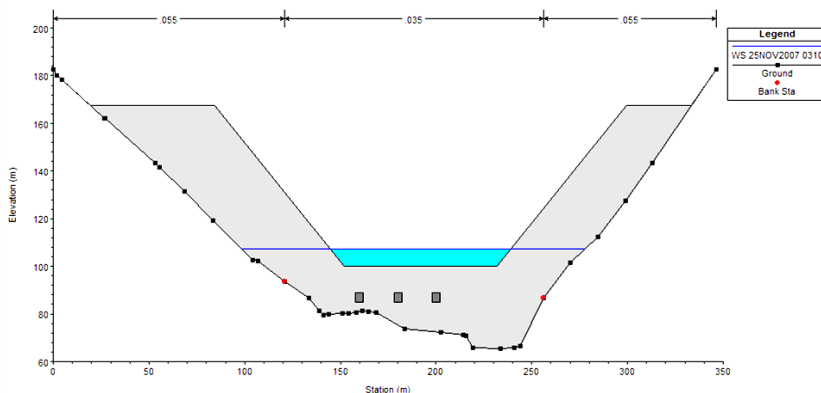


با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

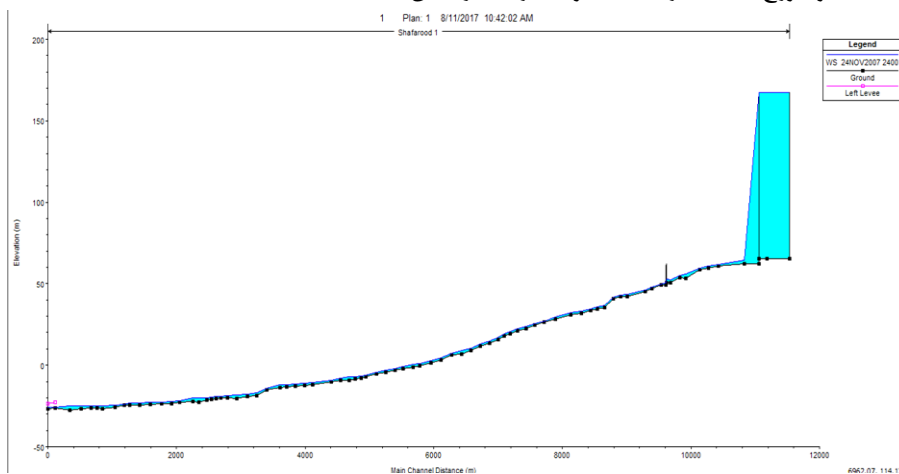
5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



شکل (۶) مقطع سد در زمان ۶ دقیقه بعد از شکست سد (تکمیل شکست)

#### ۴-۱-۲- پروفیل رودخانه

در ابتدا، پروفیل سطح آب رودخانه در بازه موردنظر، بین سد شفارود و ورودی رودخانه به دریا، در زمان صفر شروع شکست و اعمال شرایط اولیه در شکل (۷) نشان داده شده است.



شکل (۷) پروفیل سطح آب رودخانه در زمان صفر



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



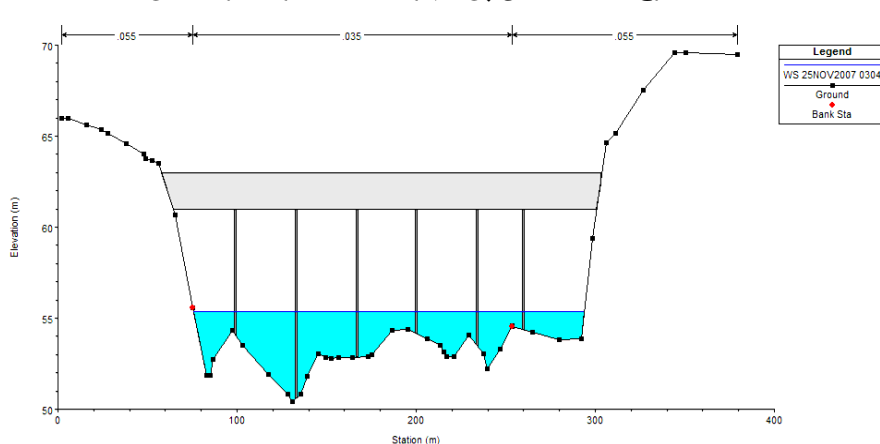
شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش های راه آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir



#### ۴-۱-۳- پل پایین دست سد

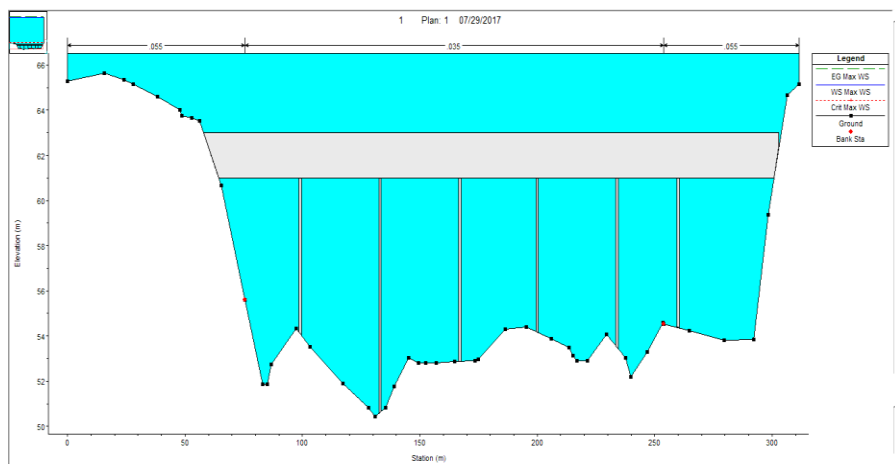
در فاصله ۲۰۰ متری پایین دست سد، پل بتنی که بر روی رودخانه شفارود و پل موجود بر جاده اصلی رشت به آستارا وجود دارد که ارتفاع عرشه آن از سطح دریا ۶۳ متر است. بر اساس نتایج به دست آمده زمان رسیدن موج سیلاب به این پل کم‌تر از ۷ دقیقه خواهد بود. شکل (۸)



شکل (۸) مقطع پل؛ یک دقیقه بعد از شروع شکست

مقطع پل (مقطع شماره ۶۹/۵) را در زمان یک دقیقه بعد از شروع شکست سد نشان می‌دهد که تراز آب ۵۴/۵۵ متر و سرعت جریان در این حالت ۱/۶۷ متر بر ثانیه می‌باشد. در حالت ایجاد کامل شکاف شکست سد (عرض ۸۰ متر در کف و تراز کف شکاف ۱۰۰ متر از سطح دریا) زمان کمتر از ۶ دقیقه آب به حداکثر ارتفاع خود در مقطع پل و بالادست پل یعنی تراز ۶۹/۷۱ متر می‌رسد و سرعت در مقطع به ۲/۸۵ متر بر ثانیه در بیشترین حالت افزایش می‌یابد که در شکل (۹) نمایان است.





شکل (۹) مقطع پل؛ زمان ۶ دقیقه بعد شکست در تراز حداکثر

#### ۴-۱-۴- ابتدا و انتهای شهرستان رضوانشهر

شهر رضوانشهر که در ۵ کیلومتری پایین دست سد قرار دارد، از شهرهای شمالی ایران است. شهر رضوانشهر در بخش مرکزی شهرستان رضوانشهر است، این شهرستان از شمال به دریای خزر و شهرستان تاش، از غرب به شهرستان خلخال، از جنوب به شهرستان‌های صومعه سرا و ماسال و از شرق با شهرستان بندرانزلی مرز مشترک دارد. امروزه روستاهایی مانند بیگ زاد محله و الله بخش محله که در حومه این شهر قرار دارند از محلات این شهر به شمار می‌رود. مساحت این شهرستان ۲۹۴/۷۷۰ کیلومترمربع می‌باشد. این شهرستان از نظر ناهمواری به دو منطقه کوهستانی و جلگه‌ای تقسیم می‌شود تقریباً همه رودخانه‌های شهرستان از منطقه کوهستانی به جلگه سرازیر می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها رودخانه دیناچال، شفارود و چافرود است. جمعیت شهر رضوانشهر بر اساس آمار سال ۱۳۹۰ بالغ بر ۱۹۲۲۱ نفر و وسعت شهر ۸۵۸ هکتار می‌باشد.

بر اساس نتایج به دست آمده زمان رسیدن اولین موج سیلاب به مقطع ابتدای شهر در حدود ۱۵ دقیقه بعد از آغاز شکست سد در تراز ۲۹/۱۷ متر که سرعت جریان به ۱/۴۱ می‌رسد و همچنین در



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی

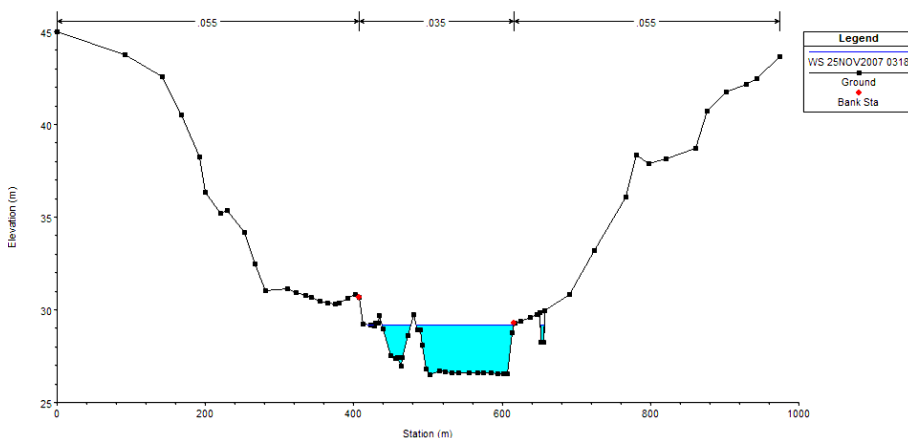


شرکت مدیریت منابع آب ایران

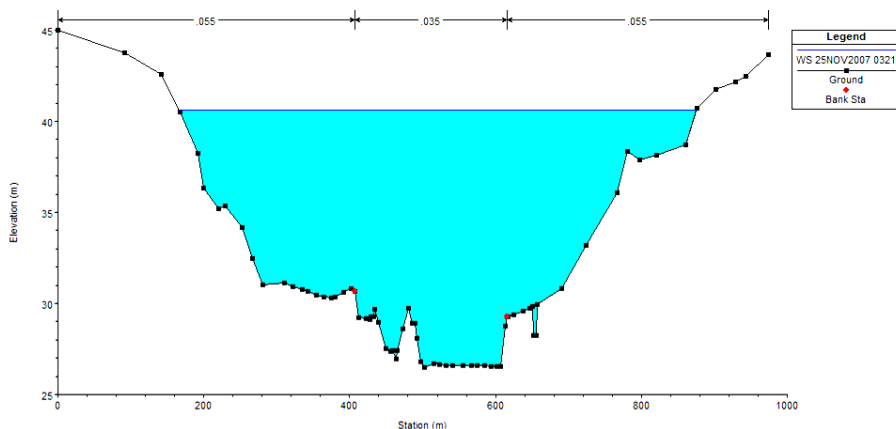




این مقطع در زمان ۱۸ دقیقه بعد از شکست به بیشترین تراز  $40/63$  متر که سرعت جریان تا  $2/88$  متر بر ثانیه می‌رسد که به ترتیب در شکل‌های (۱۰) و (۱۱) نشان داده شده است.



شکل (۱۰) مقطع ۵۷: رسیدن اولین موج سیل در زمان ۱۵ دقیقه بعد شکست



شکل (۱۱) مقطع ۵۷: حداکثر تراز آب در زمان ۱۸ دقیقه بعد شکست

شکل‌های (۱۲) و (۱۳)، به ترتیب لحظه رسیدن اولین موج بعد از شکست به مقطع انتهایی شهر که در حدود ۲۱ دقیقه بعد از آغاز شکست سد می‌باشد در تراز  $18/35$  متر قرار دارد که با گذشت ۲۶ دقیقه بعد از شکست به بیشترین ارتفاع خود یعنی تراز  $33/38$  متر می‌رسد، توصیف می‌کنند.



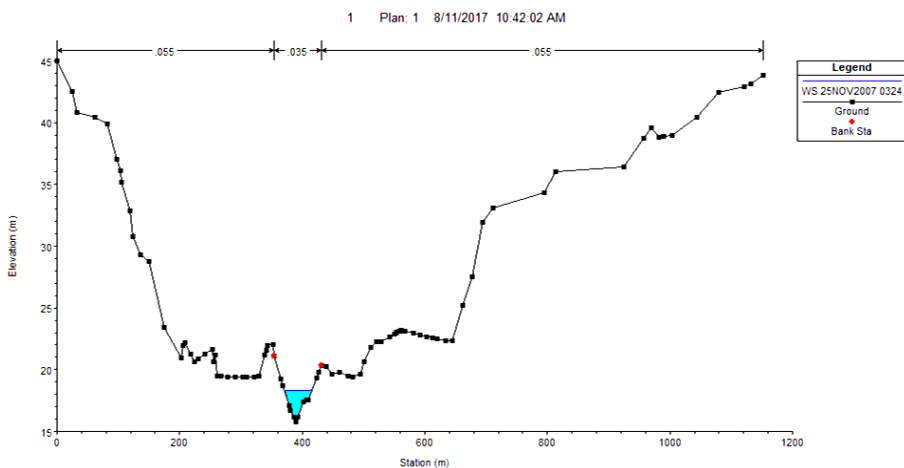
با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

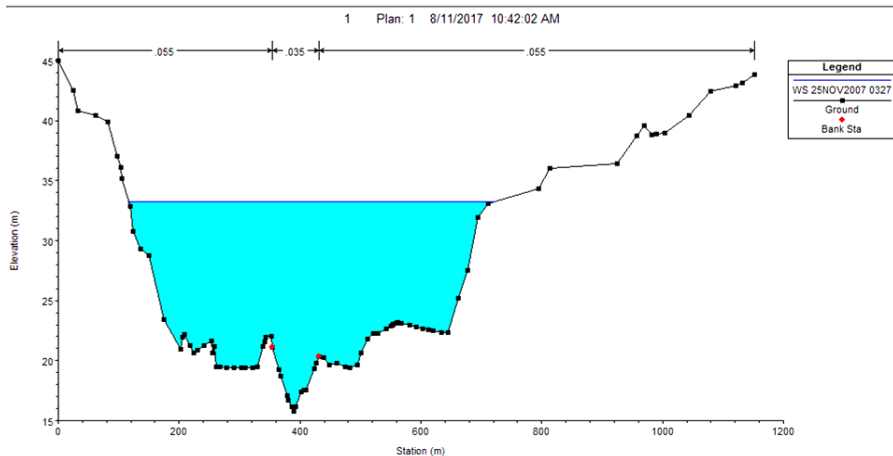
کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

همچنین پهنه سیلاب ناشی از شکست سد در محل شهرستان رضوانشهر در شکل (۱۴) نشان داده شده است.



شکل (۱۲) مقطع ۵۱: رسیدن اولین موج سیل در زمان ۲۱ دقیقه بعد شکست



شکل (۱۳) مقطع ۵۱: حداکثر تراز آب در زمان ۲۶ دقیقه بعد شکست



سالن همایش های راه آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir ♦ info@ifmc.ir



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



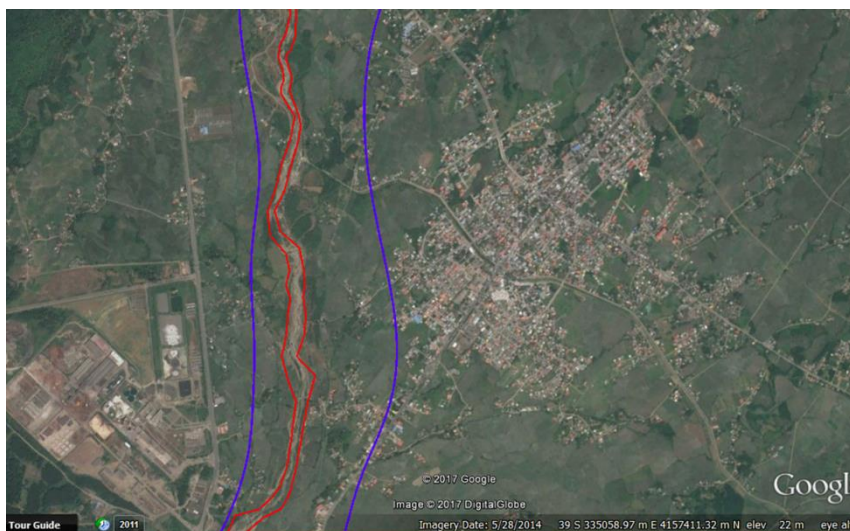
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



شکل (۱۴) پهنه سیلاب ناشی از شکست سد در محل شهرستان رضوانشهر

## ۵- نتیجه‌گیری

جریان ورودی به مخزن سد با فرض بسته بودن دریچه‌های تحتانی پس از گذشت ۵ ساعت سبب آغاز شکست سد می‌شود. با توجه به فرضیات مدت زمان شکست سد، ظرف مدت ۶ دقیقه سد به طور کامل و تا تراز تعیین شده تخریب می‌گردد؛ که سیلاب به دریا و پایداری مدل می‌رسد برابر ۱۲ ساعت می‌باشد.

با توجه به نتایج به دست آمده در زمان شکست سد، ناحیه نزدیک به سد (تا فاصله ۲۰۰۰ متری) در ۱۰ دقیقه اول بعد از شکست سد زیر آب می‌رود که شامل پل جاده رشت به آستارا می‌باشد. بارسیدن اولین موج سیلاب به شهر رضوانشهر ظرف مدت ۱۵ دقیقه پس از آغاز شکست و رسیدن به مقدار حداکثر خود در مدت ۱۸ دقیقه بعد شکست، حجم زیاد سیلاب سبب آبرگرفتنی بخش مجاور رودخانه می‌گردد که سبب تلفات جانی و مالی و زیست محیطی در بر خواهد داشت. از آنجایی که کلیه مراکز مهم اداری، تحصیلی و آموزشی، تفریحی و ورزشی، کارگاهی، تولیدی،



تجاری، مسکونی، باغات، مزارع در مجاورت حریم رودخانه واقع شده است، در مدت زمان کوتاهی با موج سیلاب روبرو خواهند شد که به نوبه خود تأمل و تعقل بیشتری را می‌طلبد. بنابراین با جلوگیری از گسترش شهر در ناحیه نزدیک حریم رودخانه می‌توان از تأثیر تخریب سیلاب کاست. در شهر رضوانشهر هم باید از ساخت و ساز در حریم رودخانه جلوگیری شود و با توجه به فاصله ۲۰ دقیقه‌ای رسیدن موج سیلاب، با استفاده از سیستم‌های اعلام خطر می‌توان خسارات را کاهش داد.

## ۶- سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از شرکت آب منطقه‌ای استان گیلان برای فراهم کردن اطلاعات و داده‌های مورد نیاز این تحقیق و نیز از همکاری و همیاری مهندس عمار حبیبی کمال تشکر و سپاسگزاری را دارند.

## ۷- مراجع

۱. حسن‌زاده، یوسف، "بررسی و تحلیل اثرات امواج ناشی از شکست سد و تحدید حدود مناطق سیل گیر پایاب با استفاده از مدل‌های ریاضی مطالعه موردی: سد و نیار (شهید مدنی)"، شرکت سهامی آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی، ۱۳۸۶.
۲. حسن‌زاده، یوسف، "هیدرولیک شکست سد"، نشریه شماره ۶۳، وزارت نیرو - کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، ۱۳۸۳.
۳. قدم‌پور، زهرا، "شکست سد و پهنه‌بندی سیلاب ناشی از آن با استفاده از نرم‌افزارهای Hec-Ras3.1.1, Mike11, Breach, Arcview"، هفتمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، ۱۳۸۸.
۴. هوشمند دیارجان، آزاده، "تعیین پارامترهای شکست سدهای خاکی ملامصدرا و درودزن و روندیابی سیلاب ایجاد شده با استفاده از مدل ریاضی" پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته سازه‌های آبی، دانشگاه شیراز، شهریور ۱۳۸۶.
5. Parodi, G., Rioni River, Georgia: Study case in Hec-Ras, ITC-WRS department UNIVERSITY, 2011.
6. Xiong, Y.F., A Dam Break Analysis Using HEC-RAS. Journal of Water Resource and Protection, No.3, pp.370-379, 2011.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

مؤسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



HN-00410053

## بیمه؛ ظرفیت و راهکار نوین مدیریت ریسک سیلاب در استان گلستان

حمیدرضا تجری<sup>۱</sup>، امین حسنی<sup>۲\*</sup>، محمدرضا یوری<sup>۳</sup>، حیدر داودیان<sup>۴</sup>، محسن لشکر بلوکی<sup>۵</sup>

۱- مدیر طرح سیل، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران.

۲- مدیر تجهیز منابع مالی، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران؛ aminh85@yahoo.com

۳- کارشناس طرح توسعه منابع آب محمداًباد، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران.

۴- معاون مالی و پشتیبانی، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران.

۵- مدیر پروژه، شرکت مهندسین مشاور سازآب گلستان، گرگان، ایران.

### چکیده:

هدف اصلی از بیمه سیل پخش کردن خسارات خطرات سیل در جامعه مربوطه به ترتیبی است که همه آن‌هایی که در معرض خطر سیل هستند، در هزینه‌های مدیریت سیل مشارکت داشته باشند. این امر با پخش شدن هزینه‌ها در زمان و در جمعیت خطرپذیر صورت می‌گیرد. بیمه سیل با سایر ابزار مدیریت زیان‌های سیل متفاوت است: بدین ترتیب که سایر روش‌ها، خسارات سیل را در هر سیلی کم می‌کند در حالی که بیمه، خسارات را در زمان و مکان پخش می‌کند. گرچه بیمه، خسارات ناشی از سیل را در بلندمدت کاهش نمی‌دهد، لیکن بیمه اقدامی تکمیلی در راهبرد آن بخش از مدیریت سیلاب‌دشت‌ها است که خسارات را کاهش می‌دهند، مثل تأسیسات کاهش خسارات سیل، پیش‌بینی، مقابله با سیل یا تغییر در نحوه کاربری اراضی به طوری که آسیب‌پذیری کمتر در مقابل سیلاب وجود داشته باشد. در این پژوهش، دوره ۵ ساله (۸۴-۱۳۸۰) به عنوان بحرانی‌ترین سال‌های سیلابی استان گلستان در چند دهه گذشته مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی میزان خسارت در تمامی موارد آسیب برای هر یک در سال‌های اخیر طی آمار مستند ستاد حوادث ارائه شده و از این آمار در تعیین میزان خسارت برای هر یک از انواع آسیب‌ها استفاده شده تا آمار جزئیات موارد خسارت در هر یک از روستاهای نمونه‌گیری شده محاسبه گردد.

**کلمات کلیدی:** بیمه سیلاب، مهندسی رودخانه، ریسک سیلاب.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت جهاد کشاورزی



## ۱. مقدمه

به دلیل وقوع مکرر طغیان‌های رودخانه می‌سی‌سی‌پی در طول دهه ۱۹۶۰ و افزایش هزینه مالیات‌دهندگان برای تأمین بودجه پرداختی به قربانیان این سیل‌ها، کنگره آمریکا در سال ۱۹۶۸، طرح بیمه ملی سیل را تصویب کرد. این طرح در برگرفته سه اصل کلی بود: ارائه پوشش‌های بیمه مسکونی و تجاری برای خسارت سیل، بهبود مدیریت دشت‌های سیلابی و توسعه نقشه‌هایی از مناطق سیل‌خیز. در زمان تصویب این طرح، خسارات ناشی از سیل در بیمه‌نامه جامع اتومبیل پوشش داده می‌شد؛ اما هیچ پوششی برای خسارات ناشی از جاری شدن سیل در بیمه‌های مالکان خانه‌های استاندارد، مستأجران یا در اکثر بیمه‌نامه‌های اموال دیده نمی‌شد. این پوشش در بیمه‌نامه‌ای مجزا از NFIP و صرفاً از سوی چند شرکت بیمه‌گر خصوصی ارائه می‌شد. با وجود تلاش‌های گسترده برای تعمیم این رشته از سوی بیمه‌گران، بسیاری از افراد در معرض خطر سیل، کماکان موفق به خرید بیمه سیل نشده‌اند. خسارات ناشی از سیل‌های گسترده توفان کاترینا در سال ۲۰۰۵، موجب بحث در مورد شیوه‌های بهبود برنامه‌های دولت فدرال درباره این خسارت‌ها شد. به همین ترتیب، سیل می‌سی‌سی‌پی در سال ۲۰۱۱ و طوفان ایرنه که هر دو باعث خسارت‌های فیزیکی و اقتصادی زیادی شدند و بعضاً بدون پوشش بیمه‌ای بودند، باعث بازنگری‌هایی درباره نحوه مدیریت خطر جاری شدن سیل، ساخت سدها و دیگر موانع مصنوعی، برنامه بیمه سیل دولت فدرال و بعضی از برنامه‌های خصوصی‌سازی در این باره شدند. به همین خاطر، کنگره در آخرین جلسه تغییرات قابل توجهی را با اجازه انجام اصلاحات موقتی و کوتاه‌مدت به جای اصلاحات بلندمدت به تصویب رساند. تلاش‌ها برای اصلاحات بعدی این برنامه همچنان ادامه دارد [۱].

شاید بیمه سیلاب در ایالات متحده آمریکا با سابقه‌ترین و جامع‌ترین سیستم بیمه سیلاب باشد. در این کشور استقرار نظام بیمه جهت پوشش خطرپذیری سیل در سال ۱۹۵۱ و سپس در سال ۱۹۵۶ میلادی صورت گرفت، لیکن ۱۱ سال بعد یک طرح بیمه تأسیس شد. برنامه بیمه سیل کشوری برای کاهش خسارات یا در صورت ممکن کُند کردن تجاوز به سیلاب دشت‌ها و انتقال بخشی از خسارات به کسانی که از سیلاب دشت استفاده می‌کنند، تأسیس شد [۲].



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سواحل طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



این طرح، برنامه‌های کاربردی اراضی ملی را با برنامه‌ای امدادی ادغام می‌نمود و بیمه، تحت هدایت برنامه ملی بیمه سیلاب، جوامع در خطر که به‌طور داوطلبانه در این برنامه شرکت می‌کردند، بیمه سیلاب یارانه‌ای برای طرح‌های ساختمانی موجود، حمایت‌های فنی، ارزیابی‌های خطرپذیری دریافت می‌نمایند و برنامه‌های امدادی برایشان تضمین می‌شود. در مقابل جوامع تعهد می‌کنند که برنامه‌های کاربردی اراضی را و مقررات آئین‌نامه ساختمانی را اعمال نمایند. برای بناهای جدید یعنی بناهایی که بعد از ارزیابی خطرپذیری برای جوامع شرکت کننده، احداث شوند نیز مقررات مربوط به حداقل تراز پی مورد نیاز، مقاومت در برابر سیل و سایر موارد برای بیمه شدن تنظیم شده، لیکن برای مناطق بدون یارانه، حق بیمه متناسب با خسارات وارده تعلق می‌گرفت. برنامه شامل خرید تضمینی، خرید اجباری، برنامه‌ریزی برای نواحی بسیار سیل‌گیر بوده و با اعمال استانداردهای مربوطه انگیزش لازم برای یکپارچه نمودن این برنامه‌ها با اقدامات سازمان مدیریت اضطراری فدرال، ایجاد می‌نماید. البته در اغلب کشورهای پیشرفته دیگر نیز بیمه سیلاب برقرار شده و از این روش در مدیریت سیلاب استفاده می‌شود [۳].

پوشش بیمه به املاک موجود در سیلاب‌دشت‌ها بدون در نظر داشتن خطرپذیری موجود از سیلاب می‌تواند برای بخشی از افراد که در ریسک کمتری قرار دارند بسیار پرهزینه باشد. اساساً هر بیمه‌گر تلاش دارد که برای خسارات غیرمنتظره و سنگین اندوخته‌هایی داشته باشد. این اندوخته‌ها در مواردی سرمایه‌گذاری می‌شود که در صورت نیاز بلافاصله قابل دسترسی و بهره‌برداری باشد. به شرطی که این اندوخته‌ها به‌صورت مطمئن سرمایه‌گذاری شده باشند، با اتکا به سرمایه‌گذاری‌های مذکور می‌توان در صورت وجود ادعاهای مالی زیاد تقاضای وام نمود (به جای نقدی سرمایه‌گذاری‌ها).

در این پژوهش، دوره ۵ ساله (۸۴-۱۳۸۰) به عنوان بحرانی‌ترین سال‌های سیلابی استان گلستان در چند دهه گذشته مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی میزان خسارت در تمامی موارد آسیب برای هر یک در سال‌های اخیر طی آمار مستند ستاد حوادث ارائه شده و از این آمار در تعیین میزان خسارت برای هر یک از انواع آسیب‌ها استفاده شده تا آمار جزئیات موارد خسارت در هر یک از روستاهای نمونه‌گیری شده محاسبه گردد.





## ۲. میزان حق بیمه سیل

بسیاری از طرح‌های بیمه سیلاب بیمه شونده را ملزم می‌کنند تا بخشی از خسارات را خود تقبل نماید. این میزان می‌تواند به صورت مبلغ مشخص از غرامت کسر گردیده و یا درصد مشخصی از خسارات مثلاً ۱۰ درصد باشد. گزینه‌های چندی برای تأمین منابع مالی در برنامه‌های بیمه سیل وجود دارد. ساده‌ترین سیستم این است که بدون توجه به احتمال خسارت و میزان خطرپذیری، حق بیمه سالانه پرداخت شود. نتیجه این می‌شود که بعضی بیمه‌شده‌ها از وقوع سیل سود ببرند. این گونه پرداخت حق بیمه یکنواخت، اغلب موجب تشویق کاربری نامناسب اراضی در نواحی سیل‌گیر می‌شود. پرداخت حق بیمه یکنواخت، باعث کمتر شدن مشارکت (در طرح‌های داوطلبانه) افرادی می‌شود که خطرپذیری کمتری دارند. حق بیمه‌ها بایستی با توجه به خطرپذیری بیشتر املاک موردنظر افزایش یابد. حق بیمه یکنواخت در نهایت می‌تواند منجر به نابودی منابع مالی شود. بدین ترتیب بررسی این مسئله بسیار حیاتی است که حق بیمه‌ها باید از نظر خطرپذیری در چند گروه طبقه‌بندی شوند. ممکن است بیمه سیل فقط برای چند استاندارد محدود برقرار شود، چون بسیاری از ساختمان‌های مسکونی ممکن است ارزش مشابهی داشته و خسارات مشابهی در یک سیلاب با عمق معین، به آن‌ها وارد شود. در این روش از ارزیابی یکایک املاک پرهیز می‌شود. چون هدف از پرداخت حق بیمه که بخشی از خسارات وارده است، برای جلوگیری از توسعه نابجا در مناطق سیل‌گیر است، لذا تعیین دقیق میزان حق بیمه برای پرداخت در این گونه نواحی ضروری نیست. در حقیقت با توجه به عدم قطعیت هیدرولوژی، برآوردهای دقیق عملی نمی‌باشد. حق بیمه‌ها بایستی برای ایجاد سرمایه کافی برای تأمین خسارت‌های بالقوه مناسب باشد. حق بیمه می‌تواند افزایش یابد در صورتی که چند سال پیاپی سیل جاری شود و ادعا و دریافتی از بیمه بسیار بالا رود و ممکن است کمتر شود وقتی که در چند سال، آسیب‌های سیل کمتر بوده باشد. در صورت مواجه شدن با چند سیل پیاپی (یا یک سیلاب بسیار شدید)، سرمایه‌گذاران بیمه باید:

امکان دریافت وام برای پوشش پرداخت‌های جبران خسارات را داشته باشند که این وام‌ها ممکن است توسط دولت تضمین شود.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران





وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



شرکت مدیریت منابع آب ایران

خود از بیمه اتکایی مناسب استفاده کنند (توسط شرکت دیگری بیمه شوند). یک بازار بین‌المللی بزرگ با رقابت فشرده‌ای برای بیمه اتکایی وجود دارد و پراکندگی جغرافیای خطرپذیری سیلاب‌های بزرگ در این رابطه مطلوب است.

### ۳. مزایا و معایب بیمه سیل

مزایا و معایب بیمه سیل بستگی به نوع و فرم بیمه سیل، اختیاری یا اجباری بودن آن، میزان ثابت یا متناسب با خطرپذیری بودن، یارانه‌ای یا بدون یارانه و غیر دارد. درحالی‌که بیمه اختیاری بوده و حق بیمه مبتنی بر طبقات و سיעی از خطرپذیری باشد مواردی در رابطه با مزایا و معایب بیمه سیل قابل ذکر است.

### ۱،۳. مزایای بیمه سیل

۱- وجود بیمه سیلاب می‌تواند به سرعت و بلافاصله برای ترمیم خرابی‌های ناشی از سیل و تأمین منابع مالی به سیل‌زدگان را فراهم کند. رها شدن از نگرانی‌های مالی بلافاصله پس از یک ضایعه موجب کاهش ضربه‌های روحی نیز می‌شود.

۲- می‌تواند باعث تشویق بیشتر ساکنین نواحی سیل‌گیر جهت پس‌انداز برای خسارات آینده سیل (خرید بیمه) شود.

۳- برقراری بیمه سیلاب کاهش تقاضا از بنگاه‌های امدادرسان را به دنبال دارد. این مسئله باعث می‌گردد که اعتبارات سازمان‌های امدادرسان همچون ستاد حوادث غیرمترقبه و نیز جمعیت هلال احمر برای حوادث دیگر صرف گردد.

۴- بیمه سیلاب باعث تقویت سایر اهرم‌های سیاست‌گذاری مدیریت سیل در اراضی خطرپذیر می‌شود. به عنوان مثال در توسعه مجدد مناطق سیل‌گیر از اقدامات نامناسب جلوگیری می‌کند (مقاوم‌سازی تقویت می‌شود)، تشویق به کاربری صحیح اراضی را به دنبال دارد (حق بیمه کاربری ها و آگاهی مردم از این موضوع)، باعث شناسایی بهتر مناطق حساس و نیز افزایش اطلاعات در خصوص سیلاب‌دشت‌ها و ... می‌شود.

۵- برقراری بیمه سیلاب موجب تشویق سرمایه‌گذاری با فناوری‌ها و شرایط جدید و تشدید کاربری مناسب اراضی می‌شود؛ به عبارت دیگر برای ساکنین، کشاورزان و سرمایه‌گذاران گریزان از



- خطرپذیری وجود بیمه سیلاب، نگرانی مربوط به زیان وقوع خسارات سیلاب بعدی را کاهش می‌دهد. بدین ترتیب یک بازگشت سرمایه از افزایش توسعه در نواحی سیل‌گیر حاصل می‌شود.
- ۶- نگرانی‌های روحی و روانی ساکنین و نیز سرمایه‌گذاران مناطق سیل‌گیر را کاهش داده و باعث بهبود کیفیت زندگی آنان می‌گردد.
- ۷- باعث ایجاد اشتغال در جامعه می‌گردد.

## ۲،۳. معایب بیمه سیل

- ۱- خسارات و خرابی‌های سیل را کاهش نمی‌دهد (فقط خسارات را در طول زمان و سطح منطقه پخش می‌کند).
- ۲- هزینه‌های اداری و معاملاتی در بر دارد.
- ۳- ممکن است تعداد زیادی از مردم بیمه نشده باشند و یا بیمه آن‌ها در سطح پائینی باشد (در حالت اختیاری).
- ۴- بیمه سیل ممکن است افراد و سازمان‌های محلی را تشویق کند تا در نواحی سیل‌گیر و سیلاب‌دشت تا حدی که خطرپذیری آن‌ها از سوی بیمه ترمیم شود سرمایه‌گذاری کنند. در این حالت بایستی سیاست‌گذاری‌ها با دقت انجام شود.
- ۵- اغلب توسعه اطلاعات خطرپذیری برای تعیین حق بیمه‌گران تمام می‌شود.

## ۴. شرایط مناسب بیمه سیلاب در ایران

یکنواخت بودن حق بیمه هر چند از نظر اجرا ساده‌تر می‌باشد و علاوه بر آن به اطلاعات کمتری جهت برقراری بیمه و نیز ارزیابی خسارات جهت پرداخت پس از وقوع سیل نیاز دارد، ولی نمی‌تواند یک راهکار درازمدت و عادلانه باشد. به همین علت نیز نمی‌تواند در درازمدت جاذبه کافی داشته و رضایتمندی لازم را به دنبال داشته باشد. لذا، یک رویکرد منطقی آن است که میزان حق بیمه به تناسب میزان ریسک و خطر در نظر گرفته شود و طبیعتاً مناطقی که دارای ریسک بیشتری هستند ساکنین و سرمایه‌گذاران آن مناطق حق بیمه بیشتری نیز پرداخت نمایند. در ایران با توجه به روحیه مردم، این مسئله اهمیت بیشتری داشته و چنانچه مردم نسبت به عادلانه بودن آن اطمینان کافی نداشته باشند قطعاً از آن استقبال نخواهند کرد. لذا، هرچند برقراری بیمه بر اساس



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سواحل طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



میزان ریسک نیاز به ارزیابی‌های اولیه دشت‌های سیلابی شامل پهنه‌بندی سیلاب، برآورد احتمال وقوع و نهایتاً تعیین میزان ریسک سیلاب را دارد ولی طبیعتاً با در نظر گرفتن مزایای این روش در درازمدت توجیه کافی وجود خواهد داشت. در کشور ما بیمه‌هایی که سابقه اجرای طولانی دارند همچون بیمه خودرو، بیمه آتش‌سوزی، بیمه سرقت، بیمه محصولات زراعی و ... نیز هنوز به‌طور کامل جایگاه خود را در جامعه پیدا نکرده‌اند و استقبال کامل از آن‌ها به عمل نمی‌آید. در رابطه با بیمه سیلاب نیز هرچند لازم است قبل و حین اجرا فعالیت‌های مناسب ترویجی و تبلیغی جهت آگاه ساختن مردم ذینفع صورت گیرد ولی به نظر می‌رسد که لازم است حداقل برای یک دوره چندساله به صورت یارانه‌ای اجرا گردد چرا که خود این مسئله می‌تواند به مقدار زیادی باعث ترویج و تشویق به خرید بیشتر بیمه توسط مردم و توسعه این راهکار در مدیریت سیلاب‌ها خواهد شد. میزان یارانه بستگی به شرایط و از جمله توانایی و توافق دولت دارد ولی قطعاً با در نظر گرفتن جمیع جهات مسئله پرداخت یارانه به این بخش توجیه درازمدت اقتصادی و اجتماعی را خواهد داشت. خصوصی بودن اموری همچون بیمه طبیعتاً مزایایی به شرح زیر را دارا می‌باشد:

- ۱- همراهی با سیاست‌های کلی نظام در رابطه با کم کردن تصدی‌گری دولت و واگذاری امور اجرایی به بخش خصوصی است.
- ۲- با توجه به منافعی که توسعه بیمه و فروش بیشتر آن برای بخش خصوصی دارد به نظر می‌رسد که ترویج و توسعه آن سریع‌تر صورت پذیرد.
- ۳- با مستقل بودن شرکت‌های مربوط به بیمه سیلاب از دولت، نظارت بر فعالیت‌های آن‌ها و نیز رسیدگی و قضاوت در خصوص اختلافات احتمالی به وجود آمده بین شرکت‌های بیمه و بیمه‌گذاران توسط دولت سالم‌تر و عادلانه‌تر خواهد بود.
- ۴- پرداخت خسارات در هنگام وقوع سیلاب به علت عدم وجود مراحل اداری وقت‌گیر (که غالباً در بخش‌های دولتی رایج است) سریع‌تر صورت خواهد گرفت. در این خصوص به علت جنبه تبلیغی هم که باشد پرداخت سریع و محترمانه خسارات به متقاضیان توسط شرکت‌های بیمه جنبه اولویتی به خود خواهد گرفت.



با توجه به موارد فوق چنین به نظر می‌رسد که مناسب‌ترین حالت آن است که بیمه سیلاب توسط بخش خصوصی اجرا گردد، ولی نظارت دولت با دقت و حساسیت کافی و در تمامی مراحل کار ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است.

معمولاً اجباری کردن هر روش و راهکاری ممکن است حساسیت و مقاومت ایجاد نماید. از طرف دیگر اختیاری بودن مواردی همچون بیمه که دارای هزینه است معمولاً بندرت مورد استقبال مردم قرار می‌گیرد. البته، نبایستی فراموش شود که مخالفت یا عدم استقبال در این زمینه غالباً به علت عدم آگاهی و دانش مورد نیاز است. لذا، راهکار اصلی در این خصوص آموزش و ترویج مستمر و مؤثر است تا مردم خصوصاً روستائیان ساکن در دشت‌های سیلابی یا دارای املاک و مستغلات در این مناطق با مزایای درازمدت بیمه آشنایی پیدا کنند و به تدریج از آن استقبال نمایند.

## ۵. میزان اثربخشی اقدامات انجام گرفته در خصوص بیمه سیل در سطح استان گلستان

در یک نظرسنجی انجام شده از مردم روستاهای سیل‌زده در منطقه طرح مشخص شد که رضایت مردم از مسئولیت سازمان‌های مختلف در امر کنترل سیل و یاری‌رسانی پس از سیل قابل ملاحظه بود [۴]. طبق اظهارات اهالی، هلال احمر و ستاد حوادث غیرمترقبه پس از سیل‌های مرداد ۸۰ و ۸۱ نقش متمایزی را ایفا نمودند و هلال احمر در رساندن پوشاک و آذوقه به مردم آسیب‌دیده بسیار فعال بوده است. بنیاد مسکن نیز با در اختیار قراردادن وام ۵ میلیون تومانی به روستاهایی که خانه‌های آنان شدیداً تخریب شده بود، به روستائیان کمک نمود. راه و ترابری نیز با ترمیم جاده‌های خسارت دیده به مردم کمک نمود. بقیه سازمان‌های قید شده از جمله جهاد کشاورزی، سازمان جنگل‌ها و مراتع، راه و ترابری و ... از نظر مردم باید وظایف خود را قبل از سیل به خوبی انجام دهند تا سیل باعث تخریب زیاد نگردد. در نهایت مردم، سازمان صداوسیما را عهده‌دار آموزش در خصوص سیل و پخش خبرهای مربوط به سیل و طلب یاری از مردم می‌دانستند. روستائیان کمک‌های مردمی را نیز عامل مؤثری در بهبود وضعیت خویش پس از سیل می‌دانستند. انتظارات مردم روستایی در خصوص مشکل سیل در دو مقطع زمانی قابل بررسی است [۵]:

الف. اقدامات پیش از وقوع سیل

ب. اقدامات پس از وقوع سیل



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سواحل طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



الف) در خصوص اقدامات پیش از وقوع سیل، انتظارات مردم از دولتمردان و سازمان‌ها در موارد زیر خلاصه می‌گردد:

- جایگزینی سوخت مناسب به جای هیزم
  - کنترل چرای دام در جنگل و جایگزینی گزینه مناسب دیگری برای تأمین علوفه دام
  - ممانعت از قطع درختان
  - تخصیص وام به منظور ساخت و ساز مسکن مقاوم
  - گسترش فرهنگ حفظ پوشش گیاهی
  - اطلاع‌رسانی و آموزش در خصوص سیل به مردم
  - جابجایی روستاهایی که در معرض خطر جدی سیل هستند
  - کنترل ساخت و ساز در حریم رودخانه
  - ساخت پل با ارتفاع و استحکام مناسب
  - ساخت سیل بند و سد در محل خروجی آب
  - دیوارکشی مناسب برای رودخانه
  - بالابردن سطح جاده
  - تعریض رودخانه
  - بازسازی سدهای موجود
  - لایروبی رودخانه
  - هشدار دهی مناسب (ارائه گزارش به موقع هواشناسی)
- ب) در خصوص اقدامات پس از وقوع سیل انتظارات مردم در موارد زیر خلاصه می‌شود:
- بررسی کارشناسی سیل و ارائه راه‌حل‌های مناسب برای تخریب کمتر در صورت وقوع مجدد سیل
  - برآورد میزان خسارت به هر خانوار و روستا و ارائه خدمات به تناسب خسارت وارد شده
  - تخصیص وام بدون سود و کارمزد
  - ارائه کمک مستقیم و بدون واسطه به روستائیان
  - برخورد مناسب با روستائیان



- کمک بلاعوض در خصوص ساخت خانه‌های تخریب شده
- کمک فوری در خصوص نیازهای ضروری از جمله آذوقه و پوشاک
- تمرکز تبلیغات بر مشکلات و مصائب آسیب دیدگان

لازم به ذکر است که باز پرداخت وام بنیاد مسکن با کارمزد بوده که این امر مشکلاتی را برای مردم ایجاد نموده است. وام پرداختی استاندارد نیز بنا بر اظهارات اهالی برحسب میزان آسیب به خانوارها نبوده است. در سال زراعی ۹۵-۹۴، حق بیمه کشاورز در محصولات غیر راهبردی و در بخش باغداری ۲۰ درصد افزایش یافته و در عوض این میزان افزایش، تعهدات صندوق بیمه ۴۰ درصد در مقایسه با سال زراعی ۹۴-۹۳ افزایش یافته است. صندوق بیمه کشاورزی در سال زراعی ۹۵-۹۴، ۱۵۳ محصول را تحت پوشش بیمه قرار می‌دهد. اجرای طرح بیمه محصولات کشاورزی و براساس شرایط آب و هوایی مناطق مختلف می‌باشد، لذا، دستورالعمل بیمه محصولات کشاورزی و سطح تعهدات صندوق براساس مخاطرات آب و هوایی هر منطقه تدوین و ابلاغ شده است. در سال زراعی ۹۴-۹۵ دستورالعمل‌های بیمه‌ای متناسب با الگوی کشت و ضریب خطر هر منطقه طراحی شده است تا بتوان خدمات مناسب‌تری به کشاورزان ارائه شود، هم‌اکنون ۲۰۴ مورد خطرپذیری تحت پوشش صندوق بیمه محصولات کشاورزی است.

استان گلستان دوره ۵ ساله (۸۴-۱۳۸۰)، بحرانی‌ترین سال‌های سیلابی را پشت سر گذاشته است. بررسی میزان خسارت در تمامی موارد آسیب برای هر یک در سال‌های اخیر طی آمار مستند ستاد حوادث با جداول مربوطه ارائه شده و از این جداول در تعیین میزان خسارت برای هر یک از انواع آسیب‌ها استفاده شده تا آمار جزئیات موارد خسارت در هر یک از روستاهای نمونه‌گیری شده محاسبه گردد. قبلاً خسارت کل دوره ۵ ساله و درصد آسیب هر یک از بخش‌ها و سپس به تفکیک زیر حوضه و رودخانه‌های حوضه گرگان‌رود ارائه شده است [۵].

الف- خسارات وارده از سیل سال ۱۳۸۰ و اقدامات صورت گرفته توسط سازمان‌ها  
کل خسارات برآورد شده در این سیل، ۷۳۵۹۷۶ میلیون ریال توسط ستاد حوادث غیرمترقبه ارائه شده است. حداکثر خسارات مربوط به تأسیسات و سپس در اراضی جنگلی و مرتعی بخش روستایی می‌باشد. خسارات در راه‌ها، تأسیسات زیربنایی و ارتباطی بین روستاها و ابنیه فنی که نقش اساسی در وضع اقتصادی سیاسی و فرهنگی دارد دیده می‌شود. راه‌های دسترسی در مناطق شهری،



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۴۰۳-۹۶۱۷۰۰



استانی و جنگلی است که مهم‌ترین آن جاده پارک ملی گلستان در راه گلستان به خراسان می‌باشد. میزان خسارات شامل ۷۶/۳ کیلومتر راه در مسیر آزاد شهر به مینودشت، ۳۶ دهنه پل و سایر موارد ایمنی حدود ۱۵ درصد کل و در مجموع بالغ بر ۱۱۰ میلیارد ریال می‌گردد. کل خسارت بر تأسیسات معادل ۵۷/۴ درصد، اموال روستاها ۴/۹ درصد، اماکن ۸/۵ درصد و سایر منابع حدود ۲۹/۲ درصد محاسبه شده است. بی‌سابقه‌ترین تعداد تلفات جانی در این حادثه ۲۵۴ نفر ذکر می‌شود. به شرح جدول ۱ تعداد نفرات آسیب‌دیده ۲۸۵۰۰۰ نفر و تعداد ۳۸۸ آبادی استان خسارت دیده است.

**جدول ۱ - آمار منابع آسیب‌دیده از سیل مورخ ۸۰/۵/۱۹ در محدوده مطالعاتی و میزان حق بیمه سیل.**

| موقعیت جغرافیایی منطقه           | مساحت مناطق آسیب‌دیده | وسعت منطقه سیل گیر | تعداد روستاها      |                  | جمعیت              |                   |
|----------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------------|-------------------|
|                                  |                       |                    | مینودشت            | کلان             | مینودشت            | کلان              |
|                                  |                       |                    | شهری               | روستایی          | شهری               | روستایی           |
| ۶۵۳۰۰۰ هکتار                     | ۱۰۰۰۰۰ هکتار          | ۱۴۰                | ۳۸۸                | ۲۴۸              | ۴۵۰۰۰              | ۱۱۴۰۰۰            |
| جمع خسارت و عملکرد               | جمع خسارت             | تسهيلات            | اعتبارات پلاموض    | غرامت صندوق بیمه | تسهيلات تعمیددی    | جمع (میلیون ریال) |
| بخش کشاورزی                      | ۱۵۷۹۰۰ میلیون ریال    | تعداد              | مبلغ (میلیون ریال) | تعداد            | مبلغ (میلیون ریال) | تعداد             |
| برآورد ریالی خسارت (میلیون ریال) | ۶۵۰۵۰۰                | ۳۳۳۰۰              | ۱۹۰۰۰              | ۳۲۰۰۰            | ۵۵۰۰۰              | ۲۵۰۰ هکتار        |
| وضعیت قربانیان سیل               | جان‌یافته             | شناسایی شده        | شناسایی نشده       | مفقودین          | خسارت بخش مسکن     | شهری (واحد)       |
| ۲۵۴                              | ۲۱۴                   | ۴۰                 | ۸۷                 | ۴۹۳              | ۲۹۷۷               | ۱۸۸۹              |
| ۳۵۴۰                             | ۷۰                    | ۱۵۸۱               | ۱۸۸۹               | ۲۹۷۷             | ۱۸۸۹               | ۷۰                |

ب- سیلاب ۱۳۸۱ و آسیب اقتصادی و اقدامات صورت گرفته توسط سازمان‌ها  
وقوع سیل ۱۳۸۱ در تاریخ‌های مشابه سال گذشته، اتفاقی توجه برانگیز است که گویا باید هر ساله در نیمه تابستان در شرایط خاک مستعد فرسایش و باران‌های محلی یا سیکلونیک تند سیلی را انتظار داشت. درواقع همان توقع دشت سیلاب خوار را یادآوری می‌نماید که سهمی از آب و هوایی سالانه و هشدار طبیعت بر عملکرد انسان‌های بهره‌بردار است. پهنه سیلگیر با کمی تفاوت در منطقه ثابت بوده ولی خسارات همواره سیر صعودی دارد، به‌طوری‌که در سال ۱۳۸۱ نیز ابعاد وسیع خسارت را شاهد هستیم. درواقع ترفند پیشگیری سال‌های گذشته نیازمند ارزیابی مجدد است.





کل خسارت برآورد شده براساس آمار ستاد حوادث غیرمترقبه ۲۱۶/۳۹۰ میلیارد ریال می باشد. ۲۰ درصد در اراضی جنگلی و مرتعی، ۶۲/۳ درصد در تأسیسات زیربنائی و ۱۷/۷ درصد در اماکن و اموال می باشد. جمعیت آسیب دیده در این سال ۳۰۲۰۰۰ نفر در تعداد ۱۸۰ روستا و سه شهر مینودشت، کلاله و گنبد است که تعداد ۴۶ نفر تلفات جانی داشته است. راه های ارتباطی نیز تا ۸۰ درصد آسیب کلی دیده است (جدول ۲).

### جدول ۱- آمار منابع آسیب دیده از سیل مورخ ۸۱/۵/۲۱ در محدوده مطالعاتی.

| موقعیت جغرافیایی منطقه     | مساحت مناطق آسیب دیده | وسعت منطقه سیل غیر | روستاها و شهرهای آسیب دیده |        |                  |       |                        |      | جمعیت آسیب دیده از سیل |       | جمع کل    |       |
|----------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------------|--------|------------------|-------|------------------------|------|------------------------|-------|-----------|-------|
|                            |                       |                    | مینودشت                    |        | کلاله            |       | گنبد                   |      | روستایی                | شهری  | روستایی   | شهری  |
|                            |                       |                    | روستایی                    | شهری   | روستایی          | شهری  | روستایی                | شهری |                        |       |           |       |
|                            | ۴۹۰۰۰۰ هکتار          | ۱۰۰۰۰۰ هکتار       | ۵۰                         | گالیکش | ۱۰۶              | کلاله | ۲۴                     | گنبد | ۲۱۲۰۰۰                 | ۹۰۰۰۰ | ۱۸۰ روستا | ۳ شهر |
| خسارات وارده (میلیون ریال) |                       | تأسیسات زیر بنایی  | اموال و وسایل شخصی         |        | کشاورزی و تولیدی |       | واحدهای مسکونی و تجاری |      | جمع کل خسارات          |       |           |       |
|                            |                       | ۱۳۴۵۰۰             | ۸۰۰                        |        | ۴۳۳۰۰            |       | ۳۰۵۴۰                  |      | ۲۱۶۳۹۰                 |       |           |       |

### جدول ۲- خسارات سیل مورخ ۸۱/۵/۲۱ به راه های حوزه استحفاظی اداره کل راه و ترابری.

| ردیف   | محور                      | عنوان پروژه                                        | اعتبار مورد نیاز (میلیون ریال) | ملاحظات                                                                                                                                |
|--------|---------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱      | تنگراه - تونل گلستان      | احداث ۱۲ کیلومتر مسیر خسارت دیده                   | ۲۵۰۰۰                          | ۸۰۰۰ متر مکعب خاکریزی و احداث ده دستگاه پل لوله ای و پلکس و آرمکو                                                                      |
| ۲      | تنگراه - تونل گلستان      | آسفالت ۱۵ کیلومتر مسیر خسارت دیده                  | ۸۰۰۰                           |                                                                                                                                        |
| ۳      | تنگراه - تونل گلستان      | تنظیم بستر رودخانه به طول ۲۵ کیلومتر               | ۱۰۰۰۰                          | در صورت واگذاری پروژه به وزارت راه و ترابری (جنبه پیشگیری)                                                                             |
| ۴      | سراهی کلاله - تونل گلستان | شانه سازی به طول ۷۵ کیلومتری                       | ۲۰۰۰                           |                                                                                                                                        |
| ۵      | سراهی کلاله - تونل گلستان | دیوارسازی به طول ۵ کیلومتر                         | ۳۰۰۰۰                          | (جنبه پیشگیری)                                                                                                                         |
| ۶      | مینودشت - تنگراه          | احداث کنارگذر آبی قمش                              | ۱۰۰۰                           |                                                                                                                                        |
| ۷      | مینودشت - تنگراه          | ترمیم و بازسازی دیواره ها و پل های آسیب دیده       | ۵۰۰۰                           | علی برده - چاتال - کریم ایشان - عرب قاری حاجی و پل های کیلومتر ۳۷ و ۳۷+۵۰ ای ۵۵ مرآه تپه - کلاکه کیلومتر ۱۸ و ۹۰ مرآه تپه - داشلی برون |
| ۸      | سراهی کلاله - تنگراه      | خرید و نصب تابلوها، علائم ایمنی، گارد ریل و خط کشی | ۳۰۰۰                           |                                                                                                                                        |
| ۹      | تونل گلستان - داشلی برون  | بازسازی و احداث و تکمیل برید پل دماغ               | ۱۰۰۰                           | کیلومتر ۳۷                                                                                                                             |
| ۱۰     | گنبد - داشلی برون         | بازسازی و ترفیع و اصلاح نشست جاده و لایروبی پل ها  | ۲۵۰۰                           | به طول ۱۳ کیلومتر                                                                                                                      |
| ۱۱     |                           | هزینه های جاری                                     | ۶۰۰۰                           |                                                                                                                                        |
| ۱۲     |                           | هزینه های احداث راه فرعی                           | ۱۵۰۰۰                          |                                                                                                                                        |
| جمع کل |                           |                                                    | ۱۰۸۵۰۰                         |                                                                                                                                        |







ج- سیلاب ۱۳۸۲ و آسیب‌ها و اقدامات صورت گرفته توسط سازمان‌ها  
وقوع سیل و طوفان از بهار سال ۱۳۸۲ به ترتیب ماه‌های سال شروع گردیده و در برآوردها به مرور  
که به فصل تابستان نزدیک‌تر می‌شود میزان تخریب و خسارات افزایش می‌یابد. در این مدت  
آسیب کلی استان ۲۰۷/۱۵۸ میلیارد ریال بوده است. اماکن مسکونی شهری ۶۷۴ واحد و روستایی  
۱۲۲۳ واحد به نسبت ۳۵٪ و ۶۵٪ و از کل آسیب‌دیده ۸/۷ درصد، تأسیسات زیربنایی ۴۳/۲ درصد،  
اراضی کشاورزی ۴۷/۷ درصد در سطح ۳۴۰۹۱ هکتار و تلفات دامی ۲۵/۰ درصد می‌باشد.  
خوشبختانه تلفات جانی نداشته است (جدول ۴).

جدول ۳- وضعیت خسارت سیلاب سه ماهه اول ۱۳۸۲.

| مکان                          | زمان | واحدهای مسکونی خسارت دیده |         |             | تأسیسات زیربنایی | کشاورزی     |       | تلفات انسانی | جمع کل خسارات |
|-------------------------------|------|---------------------------|---------|-------------|------------------|-------------|-------|--------------|---------------|
|                               |      | شهری                      | روستایی | میزان خسارت | مقدار (هکتار)    | میزان خسارت | تعداد |              |               |
| ترکمن، خواجه نفس              | ۲/۱  | -                         | -       | -           | ۴۰۰۰             | -           | -     | -            | ۱۲۳۰۰         |
| مینودشت، کالاه، گنبد، رامیان* | ۳/۴  | -                         | -       | -           | ۳۸۶۷۵            | ۱۳۹۱۷       | ۵۱۴۸۳ | ۲۲           | ۹۰۱۸۰         |
| کالاه، مراوه تپه*             | ۳/۷  | -                         | -       | -           | ۳۳۳۵             | ۱۲۰۰        | ۴۴۰۰  | -            | ۵۷۳۵          |
| گنبد، داشلی برون، اینچه برون  | ۳/۸  | -                         | -       | -           | ۴۰۰۰             | ۶۵۰۰        | ۱۷۰۰۰ | -            | ۲۱۰۰۰         |
| کردکوی، بندرگز، گرگان، آق‌قلا | ۳/۱۶ | ۶۷۴                       | ۵۰۰     | ۹۴۷۴        | ۳۹۰۵۵            | ۱۰۱۷۴       | ۱۸۷۸۲ | ۵۱۱          | ۶۷۸۲۲         |
| جمع                           | ۶۷۴  | ۱۲۲۳                      | ۱۸۰۸۵   | ۸۹۶۷۵       | ۳۴۰۹۱            | ۹۸۸۶۵       | ۵۳۳   | -            | ۱۹۷/۲۳۷       |

\* داخل حوزه آبخیز گرگانرود می‌باشد که جمع خسارت سیل حدود ۴۸/۶ درصد استان و مساوی ۹۵/۹۱۵ ریال گردیده است.

د- سیلاب ۱۳۸۳ و خسارات و اقدامات صورت گرفته توسط سازمان‌ها  
وقوع سیل در مورخ ۲۹ و ۳۰ شهریور بر نقاط شهری و روستایی جمعاً ۶۱/۳ میلیارد ریال خسارت  
زده که به تفکیک جداول زیر، به اراضی کشاورزی و دام ۹۶۷۰ میلیون ریال، ابنیه و راه ۴۵۶۵۵  
میلیون ریال و اماکن مسکونی از ۳۰٪-۶۰٪ خسارت، ۵۹۷۶ میلیون ریال می‌باشد. در طول سه  
ماهه اول سال، کشاورزی ۱۵/۶ درصد، تأسیسات زیربنایی ۷۴/۷ و ابنیه مسکونی ۹/۴ درصد  
آسیب‌دیده است.



#### جدول ۴ - خسارات وارده از سیل مورخ ۲۹ و ۳۰/۶/۸۳.

| شهرستان | نام بخش / روستا    | مساحت زمین‌های کشاورزی / باغی                                                                      | میزان خسارات میلیون ریال  | تعداد د/م رأس | میزان خسارات میلیون ریال    | جمع کل خسارات (میلیون ریال) |
|---------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|
| کلاسه   | مرکزی - مراوه تپه  | ۲۳۸۲                                                                                               | ۶۶۳۲                      | ۴۰۰           | ۲۲۰                         | ۶۸۵۲                        |
| مینودشت | مرکزی - گالیکش     | ۱۳۷۵                                                                                               | ۲۸۱۰                      | ۱۰            | ۸                           | ۲۸۱۸                        |
|         | جمع                | ۳۷۵۷                                                                                               | ۹۴۴۲                      | ۴۱۰           | ۲۲۸                         | ۹۶۷۰                        |
| شهرستان | شهر / بخش / روستا  | عنوان پروژه                                                                                        | میزان خسارت (میلیون ریال) | توضیحات       | وام مورد نیاز (میلیون ریال) | تعداد واحدهای خسارت دیده    |
| کلاسه   | مرکزی / مراوه تپه  | تأسیسات برق - آب شرب - مخابرات - راه و ابنیه فنی راه - جاده‌های بین مزارع - معابر روستایی          | ۳۲۹۴۰                     |               |                             | ۶۰٪                         |
| مینودشت | مرکزی / گالیکش     | جاده‌های بین مزارع - تأسیسات دامی - کانال انتقال آب - معابر روستایی - آب شرب - راه و ابنیه فنی راه | ۷۷۹۰                      |               |                             | ۶۰٪                         |
| آزادشهر | مرکزی / چشمه‌ساران | آبشنکی شانه و محور راه‌های اصلی و فرعی - پر شدن قنوات و رسوب‌گذاری دهانه پل‌ها و ...               | ۴۹۲۵                      |               |                             | ۶۰٪                         |
| شهرستان | شهر / بخش / روستا  | زیر ۳۰٪                                                                                            | ۳۰ تا ۶۰٪                 | بالای ۶۰٪     | نیاز (میلیون ریال)          | تعداد واحدهای خسارت دیده    |
| کلاسه   | مرکزی / مراوه تپه  | ۳۷                                                                                                 | -                         | -             | ۱۵۹                         | ۴۹۵۵                        |
| آزادشهر | مرکزی / چشمه‌ساران | ۸۱                                                                                                 | ۲۲                        | ۸             | -                           | ۱۰۲۱                        |
|         | جمع                | ۸۱                                                                                                 | ۵۹                        | ۱۲            | ۱۵۹                         | ۵۹۷۶                        |
|         |                    |                                                                                                    | ۳۱۳                       |               |                             |                             |

#### هـ- سیلاب ۱۳۸۴

سیل مهیبی در مرداد ماه ۱۳۸۴ از طریق رودخانه قرناوه جان حداقل ۴۰ نفر را گرفت و صدها نفر را بی‌خانمان کرد و ۲۵۰ میلیارد ریال خسارت به اراضی زراعی و مناطق مسکونی و پل‌ها و تأسیسات مختلف وارد آورد که یکی از علل عمده بروز آن حساسیت زیاد خاک‌های لسی منطقه به فرسایش و تولید رسوب و تخریب این گونه خاک‌ها از طریق تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی و چرای بی‌رویه دام‌ها توسط بهره‌برداران ناآگاه می‌باشد. برآورد کل آسیب دیدگان ۱۳۰۰ نفر، مفقودین ۲۰ نفر، قطع راه یا ریزش کوه از تیل‌آباد به آزادشهر، ۲۰ کیلومتر شبکه برق در ۳۳ روستا، ابنیه مسکونی ۴۰۰ باب، تلفات دام بزرگ و کوچک ۱۲۰۰ رأس، باغات و کشاورزی ۱۵۰۰ هکتار آسیب دیده است. جمع خسارت به تأسیسات زیربنایی در سال ۸۴ مربوط به ۳۱۳ روستا می‌باشد.

#### ۶. آنالیز اقتصادی کاربرد روش‌های مختلف بیمه سیل در سطح استان

براساس تحقیقات انجام شده از صندوق بیمه محصولات کشاورزی در استان گلستان، خدمات بیمه محصولات کشاورزی در گلستان افزایش می‌یابد و در سال ۱۳۹۴ طرح پوشش خدمات تا ۸۰ درصد افزایش داشته است. گندم، سویا، کلزا، پنبه، برنج، ذرت، آفتابگردان و سیب‌زمینی از جمله





محصولات زراعی هستند که در استان گلستان بیمه شده‌اند. غرامت کشاورزان ۵ شهرستان خسارت دیده بر اثر پدیده سیلاب توسط صندوق بیمه کشاورزی پرداخت شد. در محصول گندم نیمه آبی، برای ۶۷۳ بهره‌بردار پرونده تشکیل شد که بیش از ۴ میلیارد و ۷۱۸ میلیون ریال خسارت به کشاورزان پرداخت شده است (صندوق بیمه کشاورزی استان گلستان). در سال ۱۳۹۳، ۸۷ میلیارد برای جبران خسارت‌های ناشی از حوادث خشکسالی و سرما و سیل در استان گلستان به کشاورزان پرداخت شده که با توجه به پیش‌بینی‌های هواشناسی در سال ۱۳۹۴ میزان بودجه در نظر گرفته شده بیشتر می‌باشد. در سال ۱۳۹۳، ۱۸ هزار هکتار از اراضی استان گلستان بیمه شده که در سال ۱۳۹۴ در برنامه بیمه شدن حداقل ۵۰ درصد اراضی می‌باشد. این طرح برای محصولات زراعی به خصوص محصولات گندم، جو، کلزا و سیب‌زمینی کشاورزان می‌باشد. صندوق بیمه محصولات کشاورزی در استان گلستان طی ۴ ماهه نخست سال زراعی جاری ۲۹ میلیارد ریال غرامت پرداخت کرد. روابط عمومی مدیریت شعب بانک کشاورزی استان گلستان اعلام کرده، در سال زراعی جاری خسارت وارده به محصولات کشاورزی بر اثر خشکسالی و کمبود آب و سیلاب بوده است که تاکنون ۲۹ میلیارد ریال غرامت در زیربخش‌های دام، طیور زراعت و باغات و سایر بخش‌ها پرداخت شده است. غرامت پرداختی به ترتیب در بخش زراعت و باغات ۱۳ میلیارد ریال و در بخش دام و طیور و سایر ۱۶ میلیارد ریال بوده است. طرح بیمه محصولات دامی در استان گلستان شامل دام صنعتی، گوسفند، گاو، شتر، زنبور عسل، کرم ابریشم و آبزیان می‌شود. در راستای حمایت از کشاورزان ۷۰ درصد حق بیمه را دولت و بقیه را دامداران پرداخت می‌کنند. در سال ۱۳۹۳ در بخش طیور ۵ میلیارد و ۶۰۰ میلیون تومان و در دیگر دام‌ها ۳ میلیارد و ۲۰۰ میلیون تومان خسارت به کشاورزان و دامداران استان گلستان پرداخت شده است. در سال ۱۳۹۳ ۱۸ هزار کندوی عسل، ۹۶ هزار رأس گوسفند و بز، ۸۰۰ رأس دام صنعتی، یک هزار مترمربع آبزیان، ۸۰ نفر شتر و ۴ هزار و ۳۰۰ دام بومی در برابر خسارت در استان گلستان بیمه شده است.

## ۷. تعیین ضوابط نرخ‌گذاری انواع بیمه سیل در سطح استان

وقوع سیلاب در منطقه به‌طور عمده به اراضی و محصولات زراعی و باغی و همچنین خانه‌ها و ساختمان‌های روستایی خسارت می‌رساند. علاوه بر آن دام‌ها، انهار سنتی، تأسیسات زیربنایی



و... نیز در معرض خسارت سیلاب و تخریب هستند. در منطقه وقوع سیلاب‌های مهیب به تلفات انسانی نیز منجر گردیده است. قابل ذکر است که به منظور تعیین نرخ بیمه بایستی اقدام به برآورد خسارات سیل بر پایه قیمت‌های سال وقوع سیل در منطقه صورت پذیرد. مجموع خسارات وارده به محصولات در محدوده طرح، میزان خسارات مذکور بر مبنای ارزش عرفی اراضی برای اراضی تخریب شده در زمان سیل و متوسط اراضی فرسایش یافته، خسارات سیلاب به خانه‌ها و ساختمان‌های مسکونی، خسارت وارد شده به تأسیسات زیربنایی از قبیل راه‌ها و پل‌ها می‌باشد. در بین دارائی‌های منقول روستاها دو مورد دام و ادوات و ماشین‌آلات کشاورزی از اهمیت برخوردار بوده و در سیلاب‌های حادث شده خسارات قابل توجهی بر آن‌ها وارد گردیده است. به منظور برآورد میزان خسارت وارده به محصولات کشاورزی بایستی براساس نوع محصول و ارزش تولیدی محصول در هکتار برای تخصیص بیمه سیل محصولات کشاورزی اقدام نمود. در برآورد خسارت وارد شده به اراضی زراعی و باغی براساس ارزش عرفی ملک در حاشیه رودخانه، بیمه سیل براساس مساحت ملک قرار گرفته در پهنه خطر سیلاب تخصیص داده می‌شود. در مورد تأسیسات زیربنایی از قبیل جاده‌ها و پل‌ها بایستی هزینه مربوط به بازسازی این تأسیسات به شورای آن روستا تعلق بگیرد. انهار سنتی که در مجاورت و حاشیه رودخانه احداث گردیده‌اند تحت تأثیر سیلاب رودخانه‌ها بوده و در مواقع سیلابی دچار خسارت می‌گردند. خسارت وارده بر انهار در مقایسه با سایر انواع خسارات از میزان کمتری برخوردار بوده و در برآورد هزینه‌های ناشی از خسارات سیل بایستی در نظر گرفته شود.

جایگاه بیمه سیلاب در میان آبخیزنشینان رودخانه‌های منطقه به‌ویژه در بخش جلگه کردکوی و بندرگز روز بروز از اهمیت بیشتری برخوردار می‌گردد. هر ساله بر تعداد متقاضیان بیمه افزوده می‌شود. این درواقع حاصل نگرانی‌هایی است که بهره‌برداران از ناحیه سیلاب دارند. سیلاب هر ساله باعث خسارت به مزارع و شالیزارهای منطقه می‌شود. بیمه محصولات کشاورزی شامل سیلاب، خشکسالی، آتش‌سوزی ناشی از صاعقه و تغییرات جوی می‌شود. از آنجاکه هریک از این بیمه‌ها دارای نرخ خاصی می‌باشد اما از سوی بانک کشاورزی و وزارت جهاد کشاورزی با تعدیل نرخ‌های ربالی و مشخص نمودن سهم دولت، امکان بیمه‌گذاری را برای بهره‌بردار مهیا ساخته‌اند



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



مؤسسه تحقیقات آب



شرکت مدیریت منابع آب ایران



که تقریباً در کل سطح استان این نرخ‌ها ثابت است (جدول ۶). در جداول ۷ الی ۹ حق بیمه و حداکثر تعهد شرکت‌های بیمه‌گر برای زراعت‌های مختلف در سال زراعی ۹۵-۹۴ ارائه شده است.

**جدول ۶- بیمه زراعت برنج در سال زراعی ۸۶-۸۵ استان گلستان (هکتار به ریال). \***

| ردیف | نوع بیمه                              | سهم دولت           | سهم بیمه‌گذار     | جمع کل بیمه          | ملاحظات                |
|------|---------------------------------------|--------------------|-------------------|----------------------|------------------------|
| ۱    | برنج (گزینه ۱)                        | ۱۸۰,۰۰۰            | ۸۵,۴۴۰            | ۱۰۳,۴۴۰              |                        |
| ۲    | ارقام بومی (گزینه ۲)<br>ارقام پرمحصول | ۱۸۰,۰۰۰<br>۱۸۰,۰۰۰ | ۷۵,۶۰۰<br>۹۱۶,۰۰۰ | ۹۳۶,۰۰۰<br>۱,۰۹۶,۰۰۰ | همراه با بیمه<br>سیلاب |
| ۳    | برنج (گزینه ۳)                        | ۱۸۰,۰۰۰            | ۰۰۰,۱۱            | ۱۹۱,۰۰۰              | خشکسالی                |

\* مأخذ: بانک کشاورزی و تعاون روستایی استان ۱۳۸۸.

**جدول ۷- حق بیمه و حداکثر تعهد شرکت‌های بیمه‌گر برای زراعت برنج در سال زراعی ۹۴-۹۵. \***

| نام محصول          | گزینه‌های انتخابی     | حق بیمه    |           | حداکثر تعهد بیمه‌گر | سطح برنامه   |
|--------------------|-----------------------|------------|-----------|---------------------|--------------|
|                    |                       | سهم کشاورز | سهم دولت  |                     |              |
| برنج ارقام بومی    | گزینه عمومی (۱)       | ۶۳,۰۰۰     | ۳,۰۹۰,۰۰۰ | ۱۵,۰۰۰,۰۰۰          | ۸۶,۰۰۰ هکتار |
|                    | گزینه ۲ (تن در هکتار) | ۵,۵۹۰,۰۰۰  | ۳,۰۹۰,۰۰۰ | ۳۵,۰۰۰,۰۰۰          |              |
|                    | گزینه ۳ (تن در هکتار) | ۱۰,۳۱۰,۰۰۰ | ۳,۰۹۰,۰۰۰ | ۵۴,۰۰۰,۰۰۰          |              |
|                    | گزینه ۴ (تن در هکتار) | ۱۴,۲۶۰,۰۰۰ | ۳,۰۹۰,۰۰۰ | ۷۰,۰۰۰,۰۰۰          |              |
| برنج ارقام پرمحصول | گزینه ۲ (تن در هکتار) | ۴,۳۵۰,۰۰۰  | ۳,۰۹۰,۰۰۰ | ۳۰,۰۰۰,۰۰۰          |              |
|                    | گزینه ۳ (تن در هکتار) | ۸,۰۷۰,۰۰۰  | ۳,۰۹۰,۰۰۰ | ۴۵,۰۰۰,۰۰۰          |              |
|                    | گزینه ۴ (تن در هکتار) | ۱۱,۷۹۰,۰۰۰ | ۳,۰۹۰,۰۰۰ | ۶۰,۰۰۰,۰۰۰          |              |
|                    | گزینه ۵ (تن در هکتار) | ۱۵,۵۱۰,۰۰۰ | ۳,۰۹۰,۰۰۰ | ۷۵,۰۰۰,۰۰۰          |              |
|                    | گزینه ۶ (تن در هکتار) | ۱۹,۲۱۰,۰۰۰ | ۳,۰۹۰,۰۰۰ | ۹۰,۰۰۰,۰۰۰          |              |

\* مأخذ: بانک کشاورزی و تعاون روستایی استان ۱۳۹۴.



جدول ۸. حق بیمه و حداکثر تعهد بیمه‌گر در بخش زراعت در سال زراعی ۹۴-۹۵ \*

| محصول         | نوع بیمه    | گزینه | سهام کشاورز | حداکثر تعهد بیمه‌گر | میانگین تولید<br>(کیلوگرم در هکتار) |
|---------------|-------------|-------|-------------|---------------------|-------------------------------------|
| گندم آبی      | بدون پوشش   | یک    | ۲۰۰۰۰۰      | ۸۰۰۰۰۰۰             | -                                   |
|               |             | دو    | ۱۵۷۰۰۰۰     | ۲۲۰۰۰۰۰۰            | ۳۰۰۰                                |
| گندم آبی      | با پوشش ۸۰٪ | یک    | ۱۸۰۰۰۰      | ۹۰۰۰۰۰۰             | -                                   |
|               |             | دو    | ۹۰۰۰۰۰      | ۳۱۵۰۰۰۰۰            | ۳۰۰۰                                |
| جو آبی        | بدون پوشش   | یک    | ۵۵۰۰۰       | ۵۰۰۰۰۰۰             | -                                   |
|               |             | دو    | ۴۵۰۰۰۰      | ۱۷۰۰۰۰۰۰            | ۲۷۰۰                                |
| جو آبی        | با پوشش ۸۰٪ | یک    | ۶۶۰۰۰       | ۶۰۰۰۰۰۰             | -                                   |
|               |             | دو    | ۳۳۰۰۰۰      | ۲۱۰۰۰۰۰۰            | ۲۷۰۰                                |
| گندم نیمه آبی | -           | -     | ۱۰۰۰۰۰      | ۴۶۰۰۰۰۰             | -                                   |
| گندم دیم      | بدون پوشش   | -     | ۲۲۰۰۰۰      | ۲۱۰۰۰۰۰             | -                                   |
|               | با پوشش ۸۰٪ | -     | ۲۰۰۰۰۰      | ۳۰۰۰۰۰۰             | -                                   |
|               | بدون پوشش   | -     | ۱۲۰۰۰۰      | ۱۵۰۰۰۰۰             | -                                   |
| جو دیم        | با پوشش ۸۰٪ | -     | ۱۰۰۰۰۰      | ۲۰۰۰۰۰۰             | -                                   |
|               | -           | یک    | ۱۶۰۰۰۰      | ۸۰۰۰۰۰۰             | -                                   |
|               | -           | دو    | ۱۲۰۰۰۰۰     | ۳۴۰۰۰۰۰۰            | ۱۸۰۰                                |
| کلزا آبی      | -           | -     | ۱۵۰۰۰۰      | ۲۵۰۰۰۰۰             | -                                   |
| کلزا دیم      | -           | -     | -           | -                   | -                                   |

\* مأخذ: صندوق بیمه کشاورزی، ۱۳۹۴.

در این روش بیمه‌ای، زراعت‌های گندم و جو آبی و دیم به میزان ۸۰ درصد و برنج به میزان ۷۰ درصد دارای پوشش می‌باشند که علاوه بر گزینه اول (هزینه‌های تولید) در گزینه‌های انتخابی نیز برقرار گردیده است. براین اساس در صورت وقوع خسارت‌های تحت پوشش، بیست درصد (در گندم و جو آبی و دیم) و سی درصد (در برنج) از خسارت برعهده بیمه‌گذار بوده و خسارت وارده بیشتر از آن تا صد درصد، پس از اعمال فرانشیز به عهده بیمه‌گر می‌باشد. در صورت بروز خسارت قبل از محو آثار خسارت حداکثر تا هفت روز کشاورزان با مراجعه به یکی از شعب بانک کشاورزی و یا دفاتر بیمه‌ای نسبت به تحویل برگ درخواست از مزرعه خسارت دیده به همراه کپی بیمه‌نامه





وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

اقدام می‌نمایند. بیمه منازل مسکونی روستاییان برای مناطق آسیب‌دیده با پرداخت سالیانه ۱۵ هزار تومان برای هر خانه تا سقف ۵۰ میلیون تومان بیمه می‌شود. محصولات کشاورزی یکی از هدف‌های بنیادی بخش کشاورزی در دولت نهم به حساب می‌آید. در همین راستا پوشش بیمه‌ای از نظر تعداد و تنوع محصولات در زیربخش‌های مختلف با  $831/707/1$  نفر بیمه‌گذار به ۹۱ مورد افزایش یافته است. آمار تعداد محصولات تحت پوشش، تعداد بیمه‌گذار و سطوح بیمه زیربخش‌های مختلف در سال زراعی ۸۶-۸۵ به قرار جدول ۹ می‌باشد. توضیح آنکه تعداد کل بیمه‌گذاران با حذف موارد مشترک در زراعت عمومی و خشکسالی محاسبه گردیده است. تعداد محصولات در سال جاری ۸۷-۸۶ از ۹۱ محصول به ۹۶ محصول افزایش یافته است. صدور بیمه‌نامه نیاز به مدارک زمین و اسناد مربوط به مالک دارد و سطح زیر کشت باید تماماً تحت پوشش قرار گیرد و نه فقط آن بخش از زمین که مورد تهدید سیل است. عملیات انعقاد بیمه همزمان است با فعالیت‌های شالیکاری که معمولاً از نیمه دوم فروردین هر سال شروع می‌شود و تا اواخر اردیبهشت‌ماه ادامه می‌یابد.





**جدول ۹- آمار تعداد محصولات تحت پوشش، تعداد بیمه‌گذار و سطوح بیمه زیربخش‌های مختلف در سال زراعی ۸۶-۸۵ برای کل استان گلستان.**

| زیربخش                  | تعداد محصولات تحت پوشش | تعداد بیمه‌گذار (نفر) | سطح/میزان بیمه |
|-------------------------|------------------------|-----------------------|----------------|
| زراعت - عمومی (هکتار)   | ۳۴                     | ۹۲۹۲۸۱                | ۴۵۶۶۸۸۳        |
| زراعت - خشکسالی (هکتار) | ۳                      | ۳۶۴۵۱۰                | ۲۳۷۵۱۲۱        |
| باغات (هکتار)           | ۲۵                     | ۴۸۰۲۳۶                | ۳۶۷۹۵۶         |
| دام (واحد دامی)         | ۱۲                     | ۲۰۲۱۳۴                | ۱۱۳۷۴۵۷۳       |
| طیور (قطعه)             | ۱۱                     | ۳۵۴۶۸                 | ۵۶۳۰۸۵۱۰۳      |
| آبزیان (مترمربع)        | ۴                      | ۳۹۶                   | ۴۰۵۰۰۴۹۰       |
| منابع طبیعی (هکتار)     | ۵                      | ۱۷۹۲                  | ۱۹۳۰۷۴۷        |
| جمع                     | ۹۱                     | ۱۷۰۷۸۳۱               | -              |

وقوع مخاطرات و حوادث گوناگون در بخش‌های مختلف کشاورزی تاکنون با حمایت و کمک‌های مالی دولت در منطقه جبران شده است. دولت با اختصاص یارانه به میزان ۵۰ درصد از حق بیمه محصولات کشاورزی، بخشش جرائم بانکی با امهال مدت بازپرداخت وام‌های اعطایی و سرمایه‌گذاری لازم برای جلوگیری از بیماری‌ها، آفات و امثالهم در مواقع طغیان رودخانه‌ها یا خشک‌سالی‌ها تلاش کرده است که از کشاورزان حمایت کند. از این‌رو بیمه محصولات کشاورزی از جمله فعالیت‌هایی است که بنا به علل مختلف از جمله جبران خسارت از ناحیه دولت، گسترش و توسعه لازم را نداشته است. ولی ظرفیت‌های بالقوه‌ای برای این نوع پوشش بیمه‌ای وجود دارد. به منظور بررسی وضعیت بیمه کشاورزی و بیمه سیلاب در حوضه‌های مطالعاتی باید به این نکته اشاره کرد که بیمه‌نامه‌های رایج در سطح منطقه مانند سایر مناطق کشور به دو بخش بیمه‌های بازرگانی (تجاری) و بیمه‌های اجتماعی تقسیم می‌شوند. خدمات بیمه‌های اجتماعی که توسط سازمان تأمین اجتماعی و سازمان بیمه خدمات درمانی ارائه می‌شود که برخی ساکنین به صورت خانوادگی یا انفرادی بیمه روستایی شده‌اند. این نوع بیمه‌ها بیشتر جنبه‌های درمانی - بهداشتی داشته و خسارات ناشی از سیل بردگی را پرداخت نمی‌کنند. هرچند که این نوع بیمه در روستاهای حوزه‌های مطالعاتی فراگیر نشده است، اما در شهرهای کردکوی و بندرگز از مقبولیت بیشتری برخوردار است. بیمه‌نامه‌های بازرگانی که توسط صنعت بیمه کشور (شرکت‌های بیمه) عرضه







می‌شوند، به‌طورکلی به سه شاخه اصلی بیمه‌های اموال (اشیا)، بیمه‌های زندگی (اشخاص) و بیمه‌های مسئولیت تقسیم می‌شود. این نوع بیمه‌ها نیز در مقابل سیل، صاعقه، زلزله و آتش‌سوزی منازل و دارائی‌های خانوار و افراد متفرقه ایجاد مسئولیت می‌نماید که طبق بررسی‌هایی که در حوزه مطالعاتی شهرستان کردکوی و بندرگز به عمل آمد غالب این نوع بیمه‌نامه‌ها در بیمه مرکزی ایران استان به بیمه‌نامه‌های شخص ثالث خودروهای شخصی، بیمه‌های تکمیلی کارمندان و بیمه‌های بدنه خودروها محدود شده است. در زمینه بیمه‌های حفظ اراضی مسکونی و اموال در مقابل سیلاب و طغیان‌های رودخانه‌ای در این مرکز بیمه یافت نشد.

بیمه‌های کشاورزی، دام، طیور و آبزیان که در کنار بیمه‌های آتش‌سوزی، باربری، اتومبیل و مهندسی جزء بیمه‌نامه‌های اموال قرار می‌گیرد و درواقع زیان‌های مالی تحقق یافته ناشی از خطرات بیمه شده را پوشش می‌دهند، در سال زراعی ۸۶-۸۵ در سطح استان حدود ۱۳۱۱۵۵ بهره‌بردار را شامل می‌گردید که محصولات خود را بیمه نمودند. این میزان بیمه‌نامه‌ها نسبت به کل بهره‌برداران استانی که طبق آمار سازمان جهاد کشاورزی استان حدود ۳۴۰ هزار بهره‌بردار است، حجم کمی است که درواقع ۳۸/۵۷ درصد جامعه بهره‌برداران را شامل می‌گردد. علت عدم استقبال کشاورزان از بیمه محصولات کشاورزی را می‌توان جدید بودن این نوع عملیات بیمه‌ای، طولانی بودن جنبه حمایتی آن، نبود علاقه کارشناسان وقت بیمه برای فعالیت در این نوع رشته‌های بیمه‌ای و ارزیابی هرز بودن آن از سوی بهره‌برداران می‌باشد. به نظر می‌رسد، صندوق بیمه محصولات کشاورزی هم به سمت مدیریت درجا و غوطه‌ور شدن در کریدور اداری فرو رفته و تلاشی جدی از سوی مسئولین آن برای کاهش زیان‌های مالی آن نشده است و به همین دلیل مسئولین آن وقتی احساس می‌کنند، صندوق زیان ده است، رغبتی برای پویایی آن در میان بهره‌برداران نمی‌کنند؛ بنابراین یکی از راهکارهای فعال نمودن صندوق بیمه کشاورزی، خارج ساختن آن از حالت زیان ده بودن است. برای اینکه این راهکار عملیاتی گردد لازم است ساختار سازمانی این نوع بیمه در سطح استان و کشور اصلاح گردد. زیرا ساختار فعلی بیمه صندوق کشاورزی با سه اشکال عمده مواجه است. اول اینکه صندوق بیمه مؤسسه‌ای وابسته به بانک کشاورزی است و اینکه فعالیت اصلی بانک کشاورزی عملیات بانکی است و برای مدل بیمه‌ای طراحی نشده است. دوم اینکه دولتی است و این عامل دشواری‌های خاص خود را دارد. سوم آنکه از یارانه دولت استفاده می‌شود



که منشأ عدم تحول و بروز بیماری‌های ساختاری و پرسنلی است. از آنجا که بنا به تغییرهای مختلف اقتصادی که در کشور ایجاد شده و تحولاتی که در عرصه اقتصاد جهانی و فناوری اطلاعات رخ داده، باید مأموریت و اهداف و سیاست‌های سازمان‌های دولتی نیز تغییر کند. از جمله مهم‌ترین تحولات اقتصادی در داخل کشور می‌توان به مورد اصل ۴۴ قانون اساسی و خصوصی سازی صنعت بیمه کشور اشاره نمود که باید این مهم در صنعت بیمه کشاورزی حاصل گردد. به این ترتیب می‌توان از تصدی‌گری دولت در امور بیمه کشاورزی کاست و به سیاست‌گذاری‌های کلان اقتصادی و مسائل حاکمیتی پردازد. به نظر می‌رسد کارکرد و مأموریت‌های صندوق بیمه کشاورزی هم با تحول‌پذیری، تغییر کند و در حال حاضر تبدیل صندوق به «شرکت بیمه محصولات کشاورزی» با ساختاری مخصوص ضروری تشخیص داده می‌شود. با رفع این مشکل، شرکت بیمه کشاورزی می‌تواند به غیر از ارائه بیمه‌نامه‌های کشاورزی سایر بیمه‌نامه‌های عمومی را نیز در بخش‌های بازرگانی و تجاری صادر کند و پویایی بیشتری در بخش کشاورزی هم داشته باشد.

## ۴. نتیجه‌گیری

در این مقاله، به طرح پیشنهادهایی با دیدگاه سازه‌ای برای کنترل سیل در استان گلستان پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد که:

با انجام مطالعات تعیین بستر و حریم هر یک از رودخانه‌های موجود در استان گلستان می‌توان اقدامات لازم در جهت کنترل کاربری‌های غیرمجاز در حاشیه و بستر رودخانه را کنترل نمود. در این راستا بعد از انجام مطالعات تعیین حد بستر رودخانه عملیات پرگذاری در منطقه انجام شده و اجازه هیچ‌گونه دخل و تصرفی در بستر و حریم رودخانه به افراد داده نمی‌شود. در صورت بروز سیلاب، اراضی موجود در بستر رودخانه تحت بیمه خسارت سیل قرار نمی‌گیرد چون به صورت غیرمجاز در بستر اقدام به کشت و زرع شده است.

کاربری‌های مسکونی، تجاری و صنعتی نیز مستلزم ماده ۲ قانون توزیع عادلانه آب بوده و در صورت بروز خسارت سیل، خسارتی به آن‌ها تعلق نمی‌گیرد.

بیمه سیل براساس منطقه بندی سیلاب دشت اراضی حاشیه رودخانه انجام می‌گیرد. لذا قبل از تعیین میزان نرخ بیمه بایستی برای منطقه، زون بندی سیلاب دشت انجام گرفته باشد و براساس



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



شرکت مدیریت منابع آب ایران



اینکه اراضی خسارت دیده ناشی از وقوع سیل در کدام زون سیلاب دشت قرار گرفته است، نرخ بیمه سیل تعیین می‌شود.

منطقه‌بندی سیلاب دشت‌ها یک ابزار قانونی برای اجرا و پیگیری طرح‌های تفضیلی است که توسط مسئولان شهرهای کوچک و بزرگ و مسئولان مناطق و استان‌ها برای کنترل و هدایت کاربری و عمران اراضی بکار گرفته می‌شود.

بیمه سیل خسارات فیزیکی ناشی از سیلاب‌ها را کاهش نمی‌دهد، ولی می‌تواند الگوی بسیار نامنظم خسارات مزبور را به سلسله اقساط یکنواخت تبدیل کند. با استفاده از اقساطی که در طول زمان دریافت و انباشته می‌شود، می‌توان خسارات مالی وارد بر افراد و مناطق سیل‌زده را جبران کرد و از ابعاد خسارات فاجعه‌آمیز کاست. نرخ بیمه و اقساط دریافتی ضرورتاً باید متناسب با خطرات و خسارات احتمالی و بالقوه سیل باشد و از این‌رو ابزاری برای کنترل گرایش به عمران غیراقتصادی سیلاب دشت‌ها و اراضی سیلگیر نیز محسوب می‌شود.

در مواردی که حق بیمه پایین باشد، عمران اراضی شتاب می‌گیرد و آنجا که نرخ بالایی برای بیمه مطالبه شود، عمران اقتصادی سیلاب دشت کند می‌گردد.

ممکن است در برخی از مناطق، نرخ‌های یارانه‌ای بیمه باعث بهبود و ارتقای ارزش و قیمت اراضی سیلگیر شده و کارهای ساختمانی و عمرانی را تشدید نماید. همچنین استفاده از نرخ‌های بسیار پایینی که به هیچ‌رو خسارات واقعی سیل را منعکس نمی‌کند، می‌تواند باعث جلب و ترغیب امور عمرانی و ساختمانی در مناطق نامناسب سیلاب دشت گشته و این‌گونه اقدامات نادرست و غیرمنطقی را افزایش دهد.

دولت درصد بالایی از سهم جبران خسارات ناشی از سیل را به عهده دارد و منبع اصلی کمک به سیل‌زده‌گان را به صورت وام‌هایی به خسارت‌دیدگان اعطا می‌نماید. افزایش غیرقابل انکار خسارات سیل و این‌که دولت خود را ملزم به پرداخت غرامت و کمک به سیل‌زده‌گان می‌داند، توجیه مناسبی است تا برنامه بیمه سیل سازماندهی جدی یابد و به شکل نوینی مطرح گردد. به عنوان مثال می‌توان برای بیمه سیل قانونی تصویب نمود که برابر آن، بانک‌های تجاری و سایر نهادها و مؤسسات اعتباری موظف شوند تا خریداران خانه‌ها را از موقعیت و شرایط سیلگیری ملکشان آگاه سازند. اگر خانه‌ای در پهنه سیلگیر سیلاب صدساله قرار گیرد، خریداران موظف به بیمه کردن خانه با نرخ



پایین (یارانه‌ای) شوند. اگر ملک در زمین بایری قرار داشت، بیمه با نرخ معمول ضروری تلقی گردد.

نتایج پهنه‌بندی در حاشیه حوضه گرگانود نشان می‌دهد که پهنه با ریسک بالا شامل روستاهایی می‌شود که عمدتاً در نواحی دشتی حوضه قرار گرفته و دارای شیب بسیار کمی هستند و با کوچک‌ترین آبگرفتگی یا افزایش حجم آب در اثر بارش یا ذوب برف در بالادست حوضه دچار سیل گرفتگی شده و خسارات جبران‌ناپذیری را متحمل می‌شوند. این روستاها به دلیل اینکه در مناطق حاصل خیز آبرفتی و همچنین مخروط افکنه رودخانه‌ها شکل گرفته‌اند و به همین جهت اغلب ساکنان در حدود ۹۴/۲ درصد آن‌ها دارای فعالیت 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 بین رفتن 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 خسارت 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.

## ۵. مراجع

1. Johanna. Sörensen., Shifteh. Mobini. (2017) Pluvial, urban flood mechanisms and characteristics – assessment based on insurance claims, Journal of Hydrology, In Press, Accepted Manuscript.
2. Wanyun. Shao., Siyuan. Xian., Ning. Lin., Howard. Kunreuther., Nida. Jacksona., Kirby. Goideld. (2017) Understanding the effects of past flood events and perceived and estimated flood risks on individuals' voluntary flood insurance purchase behavior, Water Research, Volume 108, Pages 391–400.
3. Stephen. P. Leatherman. (2017) Coastal Erosion and the United States National Flood Insurance Program, Ocean & Coastal Management, In Press, Corrected Proof.

۴. مهندسین مشاور آبنمود شرق. (۱۳۹۵)، مطالعات تفصیلی و اجرایی حوضه آبریز گرگان رود.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب



5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۴۰۳-۹۶۱۷۰

۵. شرکت مهندسین مشاور سازآب گلستان. (۱۳۹۵)، مطالعات بازبینی و بررسی اثرات طرح جامع سیل و توسعه و تدوین برنامه بلندمدت سیل در استان گلستان.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۵  
www.ifmc.ir ♦ info@ifmc.ir



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00590163

## پیاده نمودن نظام مستندسازی، راهکاری بنیادی جهت بهبود پیوسته مدیریت بحران- مطالعه موردی: مستندسازی سانحه سیل در وزارت راه و شهرسازی

فرهاد بنی‌زمان لاری<sup>۱\*</sup>، مقصود پوریاری<sup>۲</sup>، مهران غلامی<sup>۳</sup>، عبدالرضا رضایی ارجرودی<sup>۴</sup>، سید رضا موسوی<sup>۵</sup>

- ۱- کارشناسی ارشد مدیریت سوانح طبیعی، همکار پروژه‌های تحقیقاتی وزارت راه و شهرسازی.
- ۲- عضو هیئت علمی، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.
- ۳- سرپرست پژوهشکده حمل‌ونقل، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.
- ۴- کارشناس ارشد راه و ترابری، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.
- ۵- دانشجوی دکتری راه و ترابری دانشگاه پیام نور، معاونت حمل‌ونقل وزارت راه و شهرسازی.

### چکیده:

بررسی سوانح طبیعی گذشته در کشور نشان می‌دهد که هر بار سانحه‌ای رخ می‌دهد، هزینه‌های مالی و اقتصادی هنگفت‌تر از گذشته صرف بازسازی و بازآوری کلیه زیرساخت‌ها، شریان‌های حیاتی و جبران کلیه خسارت‌های به بار آمده می‌شود. وجود چنین نارسایی، بیشتر از اینکه ضعف عملیات مهندسی و مدیریتی را آشکار سازد، نبود عنصر بهبودی پیوسته در سامانه مدیریت سانحه و بحران به دلیل نبودن یک نظام مستندسازی را نشانه می‌رود. مستندسازی سانحه، یکی از عناصر ضمنی چرخه مدیریت سانحه و بحران است که کلیه کارها و فرآیندهای مهندسی و مدیریتی را پوشش می‌دهد. مستنداتی که به صورت حرفه‌ای و چارچوب‌گرا تهیه شده باشند، برای تحلیل عوامل تشدید سانحه تحت تأثیر نارسایی‌های مدیریتی، فردی و سیاست‌گذاری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ بنابراین خروجی‌های یک مستندسازی مطلوب، ابزار مناسبی جهت انتقال آموزه‌های گذشته به عوامل سازمانی دخیل در مدیریت سانحه به منظور پرهیز از بروز و تکرار نارسایی‌های گذشته است. سامانه حمل‌ونقل جاده‌ای به عنوان یک شریان حیاتی مهم، همواره دستخوش تکرار خسارت‌های ناشی از سیل می‌باشد. این مقاله حاصل انجام یک پروژه پژوهشی کاربردی در حوزه وزارت راه و شهرسازی با هدف تدوین دستورالعملی کاربردی جهت مستندسازی رویدادها و



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



شرکت مدیریت منابع آب ایران

فعالیت‌های مهندسی و مدیریتی صورت گرفته در طول چهار مرحله پیشگیری آمادگی، پاسخ و بازسازی است. روش‌شناسی تدوین دستورالعمل بر اساس تهیه گزارش شناخت از سطح مستندسازی در وزارت راه و شهرسازی و انجام مطالعه تطبیقی در زمینه مستندسازی سانحه در دیگر کشورها تعیین شد. در نهایت خروجی‌های اولیه بر اساس نقطه نظرات اصلاحی کارفرما و بهره‌برداران طرح اصلاح شدند. به منظور اعتبارسنجی به دستورالعمل پیشنهادی، داده و اطلاعات گردآوری شده از سوانح سیل گذشته در حوزه حمل و نقل ریلی و جاده‌ای در چهار مورد مطالعاتی بر اساس دستورالعمل تدوین شده مستند شده و در بانک اطلاعاتی که برای این منظور طراحی شده بود ذخیره شدند.

**کلمات کلیدی: چرخه مدیریت بحران، سامانه مستندسازی، بهبودی پیوسته.**





## ۱. مقدمه

آمار جمع‌آوری شده سوانح طبیعی یک دهه گذشته در حوزه حمل‌ونقل زمینی نشان می‌دهد که سانحه سیل در بین سوانح طبیعی رویداده در حوزه وزارت راه و شهرسازی به لحاظ تعداد دفعات وقوع و میزان خسارت‌هایی که به بدنه سامانه حمل‌ونقل زمینی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شریان‌های حیاتی وارد می‌نماید از رتبه نخست برخوردار است [۴]. از طرف دیگر، مشهود است که با وقوع هر سیل، تمامی نارسایی‌های گذشته تکرار می‌شوند و هر بار، هزینه‌هایی هنگفت‌تر از گذشته صرف بازسازی و بازگرداندن شرایط به وضعیت پیش از وقوع سیل می‌شود. این در حالی است که در سازمان کاری وزارت راه و شهرسازی، افراد با تجربه‌ای مشغول به کار هستند که برخلاف برخورداری از توانایی‌های فنی بالا و تجربه‌های ارزنده‌ای که در طول وقوع سیل‌های گذشته به دست آورده‌اند، آموخته‌های آن‌ها در جهت رفع کمبودهای موجود و کاهش آثار مخرب سیل، مورد بهره‌برداری قرار نگرفته است. در اینجا می‌توان گفت، کمبود آشکار فرآیندهای مدیریت سانحه و بحران، نبود بهبودی پیوسته براساس درس‌های آموخته از گذشته و بازخورد آن به فرآیندهای اجرایی، مدیریتی و مهندسی راهکارهای کاهش آثار سیل است. عنصر مؤثری که جهت انجام بهبودی پیوسته مورد استفاده قرار می‌گیرد، مجموعه مستندات به جای مانده از آن سانحه است که بر پایه نتایج حاصل از بررسی اجزای آن، راهکارهای اصلاحی جهت ایجاد بهبودی در فرآیندهای اجرایی پیشنهاد می‌شوند. مقاله حاضر، دستاورد انجام یک پژوهش کاربردی در پژوهشکده حمل‌ونقل وزارت راه و شهرسازی می‌باشد که نتیجه آن تدوین یک دستورالعمل اجرایی مورد استفاده برای مستندسازی سانحه سیل می‌باشد [۱].

## ۲. مروری بر اجزای فرآیند مدیریت سانحه و بحران

فرآیند مدیریت سانحه و در ابعاد گسترده‌تر و شدیدتر، مدیریت بحران، چهار جزء پیشگیری، آمادگی، پاسخ و مقابله و بازسازی را در برمی‌گیرد [۵] که به منظور دستیابی به هدف کاهش آثار سانحه، چهار عنصر نامبرده از ارتباطی به هم پیوسته و هم‌افزا برخوردارند و حذف نمودن یکی از آن‌ها، در نیل به هدف اجرای کارکرد آن‌ها نارسایی ایجاد می‌نماید. یکی از باورهای نادرست شماری از مدیران اجرایی و تصمیم‌گیرندگان در زمینه مدیریت سانحه و بحران، تنها التزام داشتن



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



به اجرای تمهیدات مرحله پاسخ و واکنش اضطراری به سیل و بازسازی آثار آن بدون برخورداری از رویکردی اجرایی نسبت به اجرای فعالیت‌های مراحل پیشگیری و آمادگی است که باعث شده است عوارض رویداد سوانح طبیعی بحران‌زا هر سال تکرار شود؛ بنابراین، یک نگاه فرآیندی به مدیریت سانحه و بحران باید چهار عنصر چرخه مدیریت بحران و سانحه را در بر گیرد.

## ۱.۲. نقش مستندسازی در اصلاح کارکرد فرآیندی اجزای چرخه مدیریت بحران

همان‌گونه که قبلاً نیز بدان اشاره شد، کمبود عمده فرآیندهای اجرایی در زمینه کاهش آثار سوانح طبیعی کشور از جمله در وزارت راه و شهرسازی عبارت است از موجود نبودن مستندات فنی که با پیروی از اصول حرفه‌ای تهیه شده باشند. مستندات موجود، اطلاعات صحیح و مؤثری در اختیار مدیران و عوامل اجرایی قرار نمی‌دهند. به علاوه، تعبیر مسئولین و کارکنان اجرایی از تهیه مستندات حادثه، بیشتر تهیه عکس و فیلم را نشانه می‌رود. گرچه از نقش فیلم و عکس‌های تهیه شده در مراحل اجرایی و عملیاتی نمی‌توان غافل شد ولی منظور از مستندسازی، فعالیتی است حرفه‌ای که از یک چارچوب و فرآیند اطلاعاتی برخوردار است به نحوی که با تحلیل محتوای مستندات گردآوری شده در طی فرآیند مستندسازی، می‌توان داده‌های فنی و مشاهداتی را به دانش و تجربه مورد نیاز مدیران تبدیل نمود به نحوی که بتوان از آن‌ها جهت ارائه پیشنهاد اقدامات اصلاحی استفاده نمود [۴]. هر وقت صحبت از مستندسازی سانحه سیل به میان می‌آید، برخلاف تعابیر موجود، منظور مستندسازی تمام فعالیت‌ها و فرآیندهای اجرایی قبل، حین و پس از سانحه است و نه تنها مستند نمود وقایع حین سانحه در صحنه سانحه. این‌گونه مستندسازی، از حالتی مرحله‌ای و پیوسته برخوردار است که محتوای آن، نقش عوامل و دلایل وقوع و تشدید سانحه و نتایج حاصل از آن را آشکار نموده و به ارائه راه‌حل و راهکارهای اصلاحی جهت پرهیز از تکرار وقوع خسارت‌های هنگفت جانی، مالی و محیطی رهنمون می‌شود. مستندات فنی چرخه مدیریت بحران مربوط می‌شوند به مستندات مراحل پیشگیری و بازسازی و این دو مرحله دو جزء به هم پیوسته هستند به این معنی که راهکارهای مرحله بازسازی در نوع پیشرفته، به مرز راهکارهای اقدامات مرحله پیشگیری نزدیک می‌شود. از طرف دیگر، مستندات عملیاتی، عبارت‌اند از مستندات دو مرحله آمادگی و واکنش به سانحه که مانند دو جزء پیشین، از حالتی به هم پیوسته



و مرتبط برخوردارند. کنترل سوابق و مستندات سیستم مدیریت سانحه و بحران سیل نیز مانند سایر سیستم‌های مدیریتی در اجرای مؤثر آن سیستم اثر بسیاری دارد. به طور مسلم هرگاه سانحه سیل و اقدامات مهندسی و مدیریتی صورت گرفته در قبال آن به منظور مدیریت و کاهش آثار آن در مراحل چهارگانه مدیریت سانحه و بحران را به خوبی مستندسازی نمایند، منابع ارزشمندی جهت مرور و بازنگری کارکرد سازمانی در قبال سیل در اختیار مسئولان قرار خواهد گرفت که می‌توان از آن‌ها در بهبودی کارکرد سامانه مدیریتی استفاده نمود.

اما بایستی به این نکته توجه شود که حجم و ساختار مستندات باید در حدی باشد که برای انجام طرح‌ریزی مؤثر عملیات، کنترل و بهبود مداوم<sup>۱</sup> سیستم مدیریت بحران و فرآیندهای آن مورد نیاز است [۲]، چرا که وجود حجم زیادی از مستندات، به علت ایجاد مقدار وسیعی داده و اطلاعات تحلیل نشده، سردرگمی و عدم تمرکز را به دنبال خواهد داشت. به همین منظور در این تحقیق سعی می‌شود تا با بررسی روش‌های علمی مستندسازی و روش‌های تخصصی مستندسازی سوانح سیل، سیستمی بهینه برای مستندسازی سوانح سیل، متناسب با شرایط و ویژگی‌های وزارت راه و شهرسازی ایجاد نمود که به وسیله آن بتوان به اهداف ذکر شده فوق دست یافت.

### ۳. چگونگی اجرایی نمودن نظام مستندسازی در سامانه حمل‌ونقل زمینی

اجرایی نمودن هر نظام سازمانی، نیازمند فراهم نمودن ملزومات پایه برای برقراری آن در سازمان است. به علاوه، اجرای نظام‌مند یک راهکار جدید در سازمان به دستورالعملی اجرایی که پوشش دهنده جزییات اجرایی آن به همراه جریان اطلاعاتی باشد نیاز دارد. در نهایت، ابزار مورد نیاز جهت اجرای جزییات اشاره شده در دستورالعمل باید از قبل پیش‌بینی شوند. نظام مستندسازی نیز از این قانون مستثنی نمی‌باشد و تمام مورد بالا را برای برقراری آن در سازمان در نظر گرفت. به طور کلی، مواردی که برای برقراری نظام مستندسازی در وزارت راه و شهرسازی باید در برنامه‌ریزی‌ها در نظر گرفت عبارتند از:



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



۱. فرهنگ سازی درون سازمانی برای گسترش دانسته‌های کاربران سطوح مختلف در مورد مستندسازی

۲. تدوین دستورالعمل اجرایی جهت پوشش دادن به جزییات مورد نیاز و مراحل اجرایی مستندسازی سانحه سیل

۳. آموزش به کاربران سازمانی برای روش استفاده از دستورالعمل تدوین شده برای مستندسازی

۴. طراحی بانک اطلاعاتی جهت ذخیره نمودن چارچوب مستندات گردآوری شده از موارد بالا، دستورالعمل مستندسازی به عنوان کلیدی ترین ابزار مورد نیاز مستندسازی سانحه سیل، به پرسش‌های کلیدی در مورد مستند نمودن ابعاد مختلف سانحه سیل به شرح زیر پاسخ می‌دهد:

۱. چه مواردی باید مستند شوند؟ (در فرم‌های اطلاعاتی ریز مواردی که باید مستند شوند در نظر گرفته شده‌اند)

۲. چه کسی باید مستندسازی را انجام دهد؟ (در جریان اطلاعاتی سازمانی، افرادی که از زیرمجموعه‌های سازمانی مختلف در مستندسازی دخیل هستند تعیین می‌شوند)

۳. چگونه مستندسازی صورت می‌گیرد؟ (در روش اجرایی دستورالعمل، چگونگی گردآوری داده‌های اولیه و وارد نمودن آن‌ها به جریان اطلاعاتی جهت تبدیل نمودن آن‌ها به اطلاعات، دانش و تجربه بیان شده است)

۴. در چه زمانی مورد مستند می‌شوند؟ (در روش اجرایی دستورالعمل، به این پرسش پاسخ داده می‌شود) [۳]

به منظور ایجاد دیدگاه یکپارچه در سطوح مختلف مدیریتی و کاری در بخش حمل و نقل ریلی و جاده‌ای شامل ستاد مرکزی، ستاد ناحیه و برون بخشی در تهیه گزارش مستندسازی مشخصات سانحه، فرایند کاری مدیریت سانحه و آموزه‌های مدیریتی و درس‌های یاد گرفته شده، لازم است دستورالعملی شامل رویه‌های کاری، چک لیست و کاربرگ‌های مختلف متناسب با سطوح کاربری، زمان و مرحله عملیات و سطوح حادثه تهیه شود و در اختیار کارکنان قرار گیرد و آموزش‌های لازم جهت استفاده از آن ارائه شود تا هر یک از کارکنان مرتبط بر اساس شرح وظایف سازمانی، به



اقتضای شرایط کاری خود در موقع وقوع سانحه بدون درنگ براساس روش ارائه شده در دستورالعمل، شروع به تهیه گزارش، پرکردن کاربرگ و چک‌لیست‌های مربوطه، تهیه عکس و فیلم و جمع‌آوری شواهد مهم بپردازد. همچنین طبق دستورالعمل، با مشخص بودن مسئولیت‌ها و وظایف، اشخاصی که باید اقدام به تهیه گزارش نمایند از قبل مشخص می‌باشند و براساس وظیفه سازمانی محول شده این کار را انجام می‌دهند. نکته دیگری که در دستورالعمل لحاظ می‌شوند عبارت است از نگهداری و حفظ اسناد و کدگذاری؛ که در این موارد نیز راهنمایی‌های لازم در دستورالعمل صورت می‌گیرد. وای مطالب نقل شده، گزارش نویسی و مستندنگاری به شیوه‌ای صورت می‌گیرد که مستندات تهیه شده از جامعیت برخوردار باشند و همه نکات فنی و مدیریتی مرتبط با جمع‌آوری سانحه در آن‌ها مورد توجه قرار گیرند. به علاوه، کاربرگ‌ها و چک‌لیست‌ها از لحاظ شکلی و ساختاری به گونه‌ای طراحی می‌شوند که اطلاعاتی دقیق و نه حاشیه‌ای در آن‌ها گردآوری شوند.

#### ۴. شرح خلاصه تحقیق

این پژوهش کاربردی با عنوان تهیه دستورالعمل مستندسازی حادثه سیل در وزارت راه و ترابری سابق به منظور کمک به کاربران و مدیران وزارت متبوع در مستندسازی ابعاد مختلف سانحه و راهکارهای مدیریتی و مهندسی صورت گرفته است که با هدف اولیه بهبود بخشیدن به سطح و روند مستندسازی سانحه سیل و با هدف نهایی نیل به بهبود بخشیدن به سطح مدیریت سانحه بحران با استفاده از آموزه‌های سوانح گذشته انجام گرفته است. برای شناختن سطح موجود مستندسازی، یک پیمایش سازمانی گسترده از اجزا و عناصر سازمانی دخیل در مدیریت سانحه صورت گرفت و براساس مصاحبه و مراجعه‌های صورت گرفته؛ داده، اطلاعات و اسناد موجود در حد همکاری افراد مطلع و مسئول گردآوری شدند. لازم است گفته شود، یکی از سخت‌ترین و زمان‌برترین بخش‌های تحقیق، شناخت وضع موجود است که علت‌های آن را می‌توان به شرح دلایل زیر برشمرد:

- همکاری ضعیف مراجع دارای اطلاع در ادارات استانی و ستاد مرکزی
- نبودن آرشیوی نظام یافته از مستندات (که یکی از دلایل اصلی انجام تحقیق می‌باشد)



شرکت مدیریت منابع آب ایران



- موانع آیین‌نامه‌ای جهت در اختیار گذاشتن داده و اطلاعات موجود و در نتیجه مقاومت کارمندان و مدیران اداره‌های مراجعه شده در ارائه اطلاعات

- وارد شدن مکاتبات درخواست اطلاعات به چرخه کاغذ بازی اداری

با وجود چنین موانعی، اطلاعات مورد نیاز تا حد امکان براساس پیگیری‌های کارشناسی و مدیریتی عوامل تحقیق، گمانه‌زنی خارج از ضوابط سازمانی و از طریق ارتباطات غیررسمی جمع‌آوری شدند یا اینکه در صورت دسترسی نیافتن به آن‌ها، از کیفیت و کمیت آن‌ها اطلاع حاصل شد. در مرحله بعد، با تلفیق دیدگاه‌های حاصل از گزارش شناخت و نتایج حاصل از انجام مطالعات تطبیقی، سطح پیشنهادی جهت تهیه دستورالعمل تنظیم شد و پس از ارائه در جلسه تشکیل شده با حضور مسئولین اجرایی وزارت راه و ترابری سابق از بخش حمل‌ونقل جاده‌ای و ریلی مورد ویرایش و سپس اصلاح قرار گرفتند. به‌طور موازی با تدوین دستورالعمل، بانک اطلاعاتی تحقیق مورد طراحی و توسعه قرار گرفت. برای پی‌ریزی ساختار بانک اطلاعاتی و تعیین الگوی آن نیز یک مطالعه تطبیقی از بانک‌های اطلاعاتی سوانح در جهان صورت گرفت و یک ساختار ویژه منطبق بر نیازهای خاص تحقیق و خواسته‌های بهره‌بردار تحقیق طراحی شد و براساس آن بانک اطلاعاتی توسعه پیدا نمود.

## ۵. ساختار مدل پیشنهادی مستندسازی سانحه سیل

ساختار مدل مورد نظر برای مستندسازی سیل به‌گونه‌ای طراحی شده است که فعالیت‌ها، رویداد و راهکارهای اجرایی در قبال سانحه سیل را در مراحل زمانی مختلف با جزییاتی در حد مطلوب و در حد نیاز مدیران ثبت می‌نماید. چنین مدلی در مقایسه با نمونه‌های موجود از کشورهای مختلف از حالتی متفاوت برخوردار است. این تفاوت قابل توجه مربوط می‌شود به برخورداری از موارد زیر:

- پوشش دادن به داده و اطلاعات چهار مرحله مدیریت سانحه و بحران
- حفظ پیوستگی داده و اطلاعات مربوط به چهار مرحله نامبرده
- ارائه داده‌های کمی و شاخص‌های مدیریتی مربوط به هر سانحه سیل
- پوشش دادن به شرح فعالیت‌های ضمنی و مرحله‌ای صورت گرفته در قبال سانحه



شیوه کلی مستندسازی به این شکل است که داده و اطلاعات راهکارهای اجرایی مرحله پیشگیری از وقوع سیل، فعالیت‌های آمادگی در قبال رخ داد سانحه سیل، داده‌های توصیف سانحه سیل، فعالیت‌های واکنش به سیل و خسارت‌های وارد شده از سوی آن، داده و اطلاعات مربوط به فعالیت‌های ساماندهی و بازسازی، بودجه فعالیت‌های صورت گرفته و در نهایت تجربه‌های حاصل از انجام فعالیت‌های مختلف، هر کدام به طور جداگانه در فرمت‌های مخصوص ذخیره می‌شوند. مجموع فرم‌های اطلاعاتی طراحی شده برای ثبت و ذخیره داده و اطلاعات چهل فرم می‌باشد؛ بنابراین می‌توان گفت، جزئیات مورد نیاز در حد مطلوبی در فرم‌ها طریق ذخیره می‌شوند. این گونه پیش‌بینی می‌شود که وجود چنین مجموعه به هم پیوسته‌ای از داده و اطلاعات مربوط به هر سانحه سیل، زمینه ارزیابی و ممیزی راهکارهای اجرایی مهندسی و مدیریتی را برای مدیران فراهم می‌نماید. به بیان دیگر، بررسی مستندات به هم پیوسته مربوط به هر سانحه، نارسایی‌های موجود در فعالیت‌های مهندسی و مدیریتی را آشکار می‌نماید و می‌توان براساس چنین یافته‌هایی، راهکارهای اصلاحی را جهت بهبودی فرآیندهای اجرایی و فنی پیشنهاد نمود [۳ و ۴].

## ۶. اعتبارسنجی مدل پیشنهادی مستندسازی

به منظور اعتبارسنجی مدل پیشنهادی مستندسازی و کنترل کارکرد مدل پس از وارد نمودن داده‌های موجود، داده و اطلاعات گردآوری شده از موارد مختلف سیل‌های اتفاق افتاده را به فرم‌های اطلاعاتی وارد نموده و امکان دریافت خروجی‌های مورد نیاز را کنترل می‌کنیم. برای این منظور، در حد امکان داده و اطلاعات سیل‌های گذشته شامل استان گلستان و هرمزگان در حوزه حمل و نقل جاده‌ای مورد تحلیل و بررسی قرار گرفتند و داده‌های استخراج شده از آن‌ها وارد بانک اطلاعاتی شدند. بیشتر داده و اطلاعات موجود، داده‌های مهندسی یا به بیان دیگر، داده‌های طرح‌های اجرایی در مرحله پیشگیری، خسارت‌های وارد شده به راه و ابنیه، طرح‌های مربوطه بازسازی و رقم‌ریالی آن‌ها است. بخشی از داده و اطلاعات نیز مربوط به مرحله آمادگی می‌شد و می‌توان گفت برای مرحله پاسخ و واکنش، داده و اطلاعات ناچیزی در دسترس بود. به هر حال با در اختیار داشتن این اطلاعات، کارکرد صحیح مدل پیشنهادی مورد آزمون قرار گرفت و شاخص‌های مدیریتی کمی متناسب با حجم داده‌های ورودی استخراج شدند.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سواحل طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران





## ۷. دستاوردهای کلی بررسی مستندات سوانح سیل در حمل‌ونقل زمینی

به منظور اعتبارسنجی دستورالعمل مستندسازی تهیه شده، در حد امکان، داده و اطلاعات شماری از سیل‌های گذشته اتفاق افتاده در سامانه حمل‌ونقل زمینی گردآوری شدند و طبق فرمت پیشنهادی مستند و ثبت شدند. پس از بررسی مستندات جمع‌آوری شده شماری از نتایج کلی زیر برای هر مرحله از مدیریت سانحه و بحران حاصل شدند:

### ۱،۷. مرحله پیشگیری

تحقیق‌های پیشگیری از سیل که از ماهیت مهندسی برخوردارند و به بودجه زیادی نیاز دارند، کمتر مورد توجه مدیران قرار می‌گیرند و نگرش موجود نسبت به این‌گونه فعالیت‌ها بیشتر به صورت مقطعی و در حد انجام عملیات جزئی می‌باشد تا انجام کارهای اساسی از قبیل بهسازی مسیر و اصلاح خط پروژه، تغییر مسیر، احداث پل‌های جدید با ظرفیت آبگذری بیشتر و احداث دیواره سیل بند [۱]. نکته قابل یادآوری این است که طرح‌های موجود یا اساساً از ابتدا براساس مطالعات فنی قوی بنا نشده‌اند و یا اینکه در زمان خود در برابر وقوع سیلاب امن بوده‌اند ولی جوابگوی وضعیت فعلی نمی‌باشند. در صورت تحقق مورد دوم، باید گفت آنچه باعث شده است بر اثر وقوع سیل‌های دهه‌های اخیر به راه و ابنیه راه خسارت‌های جدی وارد شود، تغییر شرایط حوضه آبریز به لحاظ دخل و تصرف بی‌رویه انسان در طبیعت و در نتیجه شدت یافتن آثار سیل می‌باشد. دلیل دیگر شدت یافت سیل، طراحی نامناسب پل‌ها به لحاظ ظرفیت آبگذری، ساماندهی نشدن رودخانه، ناپایداری شیب‌های خاکی و در نتیجه فروریزش آن پس از وقوع سیل می‌باشد که رفع نمودن این مسائل، در زمره کارهای مربوط به مرحله پیشگیری می‌باشد. به منظور جمع‌بندی کارهای مهندسی صورت گرفته در مرحله پیشگیری می‌توان گفت کارهای صورت گرفته در مرحله پیشگیری در وزارتخانه چه به لحاظ طراحی و چه با نگاه اصلاح طرح‌های موجود در حد ضعیف ارزیابی می‌شوند [۲].

### ۲،۷. مرحله آمادگی

مرحله آمادگی شامل دو گونه آمادگی کوتاه‌مدت و بلندمدت می‌باشد. فعالیت‌های آمادگی بلندمدت بیشتر شامل آموزش، تجهیز اداره‌ها با امکانات و ماشین‌آلات مورد نیاز و برگزاری مانور می‌باشد. در







با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

مورد آموزش می‌توان گفت آموزش‌های مرتبط با مدیریت سانحه و بحران هنوز در گام‌های اولیه توسعه می‌باشد و آموزش‌های کارکنان ادارات بیشتر از نوع آموزش‌های دوره‌ای ارتقای کارکنان و محدود به آموزش مسائل فنی و مهندسی می‌باشد؛ بنابراین سطح آموزش‌های ارائه شده در زمینه مدیریت سانحه و بحران ضعیف ارزیابی می‌گردد. در سال‌های اخیر، بیشتر مانورها در ادارات راه‌آهن اجرا شده‌اند و جا دارد برگزاری مانور در اداره‌های راه نیز آغاز شود. در مورد تجهیزات و ماشین‌آلات، لیست امکانات و ماشین‌آلات موجود است و از این جهت کمبودی وجود ندارد. در مورد فعالیت‌های آمادگی کوتاه‌مدت که عبارت است از هشدار سیل و آمادگی‌های قبل از سانحه، انجام این فعالیت‌ها به‌ویژه استفاده از هشدار سیل، پس از تجربیات حاصل از سیل‌های سال‌های قبل، از اهمیت بیشتری برخوردار شده است و با آمادگی بیشتری صورت می‌گیرد [۲].

### ۳،۷. مرحله پاسخ مقابله

طبق مرور صورت گرفته از سیل‌های گذشته، عامل تشدید سیل در دهه‌های اخیر مربوط می‌شود به تغییر ویژگی‌های طبیعی حوضه‌های آبریز تحت تأثیر دخالت‌های انسانی در حوضه شامل ساخت‌وسازهای بی‌رویه، جنگل‌زدایی، عدم رعایت حریم رودخانه از یک طرف و از طرف دیگر وجود ضعف در طراحی و اجرای راه و ابنیه راه که تأثیر زیادی در رویداد خسارت‌های هنگفت شمرده می‌شود. شرح فعالیت‌های واکنشی و هماهنگی‌های صورت گرفته در این مرحله یا ثبت نشده‌اند و یا در اختیار تیم تحقیق قرار نگرفته است و دانسته‌های موجود تنها با مشاهده فیلم و عکس‌های موجود به دست آمده‌اند. مسلم است که در این مرحله از مدیریت، انرژی زیادی مصرف می‌شود و حجم بالایی از کارها در یک بازه زمانی کم (۷۲ ساعت) صورت می‌پذیرد. ولی، فعالیت‌های صورت گرفته در این مرحله به دلیل تراکم کارها و سرعت انجام آن‌ها، انجام مستندسازی را مشکل می‌نماید و این باعث می‌شود مرور کارهای صورت گرفته در این مرحله امکان‌پذیر نگردد. در بیشتر موارد مشاهده شده از سانحه سیل، مسیر سیل گرفته به سرعت و در طی مدت زمان ۴۸ ساعت بازگشایی می‌شود و سانحه جمع‌آوری می‌شود [۲].



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦ info@ifmc.ir  
♦ www.ifmc.ir  
۱۳۹۶ آبان ماه



## ۴,۷. مرحله بازسازی

مستندات فنی مرحله بازسازی به حجم کارهای صورت گرفته جهت بازسازی موقت (سامان‌دهی) و بازسازی دائمی و هزینه‌های آن‌ها و بودجه اختصاص داده شده محدود می‌شود. آنچه مشهود است اینکه واژه بازسازی بیشتر به بازسازی موقت محدود می‌شود نه به انجام تعمیرات و اصلاحات اساسی در مسیر و ابنیه که در برابر رویداد سیل‌های آینده، ایمنی بیشتری وجود داشته باشد؛ بنابراین فعالیت‌های بازسازی بیشتر از نوع مقطعی و موقت می‌باشند. به علاوه اینکه در طول انجام بازسازی موقت، پروژه‌هایی تعریف می‌شوند که در صورت تصویب و تخصیص بودجه به مرحله اجرا می‌رسند و چه بسا که بسیاری از این پروژه‌ها تا وقوع سیل بعدی اجرا نمی‌شوند [۴].

## ۸. جمع‌بندی و پیشنهادات

بی‌شک، انجام مستندسازی، افقی جدید در شیوه مستندسازی سانحه سیل باز نموده است. تغییر نگرش به مستندسازی از یک نگاه سنتی به موضوعی که عبارت است از گردآوری مجموعه‌ای از اسناد و مدارک بدون برخورداری از چارچوبی از قبل تعریف شده و به شیوه‌ای غیرحرفه‌ای و غیر سیستماتیک، به یک نگرش سیستمی، جامع‌نگر، زمان‌گرا و از طریق جریان اطلاعاتی طراحی شده، یکی از دستاوردهای مهم تحقیق می‌باشد. در زیر شماری از مقاصد و منافع عمومی حاصل از انجام مستندسازی سانحه سیل بیان شده‌اند:

- تشریح کارکرد سیستم مدیریت عملیاتی بر اساس مستندات تهیه شده در سازمان.
- فراهم نمودن اطلاعات برای گروه‌های مرتبط به یکدیگر به گونه‌ای که آن‌ها بتوانند ارتباطات بین زیرسازمان‌ها را بهتر درک کنند.
- انتقال تعهد مدیریت در قبال کیفیت به کارکنان.
- کمک به کارکنان به گونه‌ای که نقش خود را در درون سازمان درک کنند و بنابراین موجب می‌شود تا آنان اهداف و اهمیت کار خود را بهتر تشخیص دهند.
- فراهم آوردن امکان درک متقابل بین کارکنان و مدیریت.
- ارائه چهارچوب روشن و مؤثر برای مستندسازی عملیات.
- فراهم آوردن مبنایی برای آموزش کارکنان جدید و بازآموزی ادواری کارکنان موجود.





- فراهم آوردن مبنایی برای ایجاد نظم و هماهنگی در فعالیت‌های درون سازمانی
- فراهم آوردن یکپارچگی در مدون نمودن عملیات فرآیندها.
- فراهم آوردن مبنایی برای ممیزی فعالیت‌های صورت گرفته برای کاهش آثار.
- فراهم آوردن مبنایی برای ارزیابی اثربخشی و استمرار مناسب سیستم مدیریتی موجود.
- در کنار موارد عمومی بالا، شماری از دستاوردهای قابل پیش‌بینی از انجام تحقیق به صورت موردی در زیر بیان شده‌اند:
- مستندسازی تمام رویدادها و فعالیت‌ها برحسب زمان و براساس اسناد و فرم‌های اطلاعاتی مربوط به مراحل زمانی از مرحله پیشگیری تا مرحله بازسازی.
- تعیین نمودن وظایف کاری برای افراد مستندساز در سازمان و زیرگروه‌های سازمانی مختلف طبق ماتریس مستندسازی.
- تعیین نمودن هسته‌ای مرکزی برای گردآوری و کنترل مستندات اداره‌های استانی و ستادی.
- ترسیم گردش اطلاعاتی برای به جریان انداختن آن‌ها جهت تبدیل نمودن داده به اطلاعات و دانش و تجربه و بازخورد آن به سطوح پایین‌دستی.
- استخراج شاخص‌های مدیریتی از مستندات گردآوری شده و نتیجه‌گیری‌های کیفی و کمی جهت ارزیابی فعالیت‌ها.
- ذخیره نمودن مستندات طبق شناسه قابل بازیابی در بانک اطلاعاتی تحقیق و قابلیت پرسشگری از مستندات از طریق بانک اطلاعاتی.
- برقراری ساختاری متمرکز جهت نظام‌بخشیدن به شیوه مستندسازی.

## ۱.۸. پیشنهادات

مهم‌ترین پیشنهاد عملی برای کسب نتیجه‌های بیشتر از انجام این تحقیق، استقرار سیستم مستندسازی سانحه در وزارت راه و شهرسازی می‌باشد. برای استقرار سیستم مستندسازی سانحه و بحران، نیاز به آموزش و فرهنگ سازی درون سازمانی برای آموزش، طریقه استفاده از دستورالعمل تدوین شده، پر نمودن فرم‌های طراحی شده و وارد نمودن داده و اطلاعات به بانک اطلاعاتی است



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



که لازم است از سطح ستاد مرکزی شروع شود و به اداره‌های ناحیه و شهرستان ختم شود. پیشنهاد دوم برای استقرار نظام مستندسازی، انتخاب چند استان به عنوان پایلوت و راه‌اندازی نظام در آن‌ها و سپس گسترش به دیگر استان‌ها می‌باشد. پیشنهاد آخر، استفاده از مستندات جهت تحلیل علت‌های تشدید سانحه و ایجاد بهبود در سیستم مدیریتی و مهندسی است. در واقع از این مستندات می‌توان به عنوان مبنایی جهت ممیزی فعالیت‌های مهندسی و مدیریتی استفاده نمود.

## ۹. مراجع

۱. مجموعه گزارشات (سه جلد) پروژه تحقیقاتی راهنمای مستندسازی سانحه سیل در حمل‌ونقل زمینی، کارفرما پژوهشکده حمل‌ونقل مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، مجری: مهندسین مشاور کریت کارآ، ۱۳۸۸، تهران
۲. بهزاد باسامی، مصاحبه، معاون وقت اداره روسازی، اداره کل نگهداری راه و ابنیه، مهرماه ۹۰
۳. پورشمس، م. اصول و فنون مستندسازی بر مبنای ISO/TR 10013:2001, ed. ۱۳۸۴، تهران: انتشارات مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران.
۴. جعفری مقدم، س.، مستندسازی تجربیات مدیران (از دیدگاه مدیریت دانش). ۱۳۸۵، کرج: موسسه تحقیقات و آموزش مدیریت. وزارت نیرو.
۵. مجموعه گزارشات (دو جلد) پروژه تحقیقاتی امکان‌سنجی به کارگیری مدیریت بحران در شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای کشور. کارفرما پژوهشکده حمل‌ونقل مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، مجری: دانشگاه علم و صنعت ایران ۱۳۸۵: تهران.
۶. مجموعه اطلاعات و گزارش‌های غیررسمی گردآوری شده از سیل‌های سال‌های گذشته کشور در حمل‌ونقل ریلی و جاده‌ای، ۱۳۸۹



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00610024

## نویسن سازى شبکه سنجش منابع آب به منظور مدیریت سیلاب؛ مطالعه موردی: سد گلستان

ایمان کریمی‌راد<sup>۱\*</sup>، حسن فرازجو<sup>۲</sup>، سید محمد حسینی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب، دانشگاه تهران.

۲- سرپرست مطالعات پایه منابع آب، شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان.

۳- سرپرست گروه مطالعات آب‌های سطحی، شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان.

### چکیده:

اطلاع از مقادیر آبدهی رودخانه و میزان بارندگی در بازه‌های زمانی کوتاه مدت که موجب آگاهی از شدت و مدت بارش می‌شود، یکی از ابزارهای کارآمد در مدیریت غیرسازه‌ای سیلاب محسوب می‌شود. این مقاله به بررسی ایستگاه‌های باران سنجی و هیدرومتری شبکه پایش حوضه بالادست سد گلستان که به منظور مدیریت سیلاب در مخزن این سدها مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌پردازد. مجموعه ایستگاه‌های شبکه پایش شامل ۸ ایستگاه باران سنجی و ۶ ایستگاه هیدرومتری است که ثبت مقادیر بارندگی و سطح آب رودخانه‌ها در آن‌ها به ترتیب با استفاده از فناوری تیپینگ باکت و شفت انکودر، انجام می‌شود. انتقال اطلاعات این ایستگاه‌ها با استفاده از خطوط موبایل صورت می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهد مزیت سنسورهای الکترونیکی و دیتا لاگرها، توانایی آن‌ها در ثبت و ذخیره داده‌ها در بانک اطلاعاتی رقومی می‌باشد که ضمن تسهیل کاربرد داده‌های ثبت شده، می‌توان از آن به عنوان ابزاری مناسب برای مدیریت سیلاب در مخزن سدهای پایین دست استفاده نمود. همچنین برای تعیین بهترین سیستم اتوماتیک، باید نیازهای فعلی و برنامه‌های مانیتورینگ در آینده مورد توجه قرار گیرد.

**کلمات کلیدی:** باران سنج الکترونیکی، سطح سنج الکترونیکی، کالیبراسیون، استان گلستان، سامانه انتقال اطلاعات.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦ info@ifmc.ir  
♦ www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۵



## ۱. مقدمه

وقوع سیلاب‌های متعدد در اکثر حوضه‌های آبریز کشور و افزایش خسارات ناشی از آن، اجرای طرح‌های مدیریت سیلاب را اجتناب‌ناپذیر ساخته است که با توجه به سابقه وقوع سیل‌های ویرانگر، استان گلستان از این نظر اهمیت خاصی می‌یابد. یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های مدیریت سیلاب، آگاهی از مقادیر بارش و دبی رودخانه‌ها می‌باشد تا فرصت کافی برای هشدار و مدیریت سیل در مناطق پایین‌دست، به‌ویژه مخازن سدهای موجود در منطقه، وجود داشته باشد. در این راستا استفاده از ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری مجهز به سنسورهای الکترونیکی، یکی از راهکارهای نوین برای افزایش توأم دقت و سرعت اطلاع‌رسانی می‌باشد.

ایستگاه‌های آب‌سنجی و یا هیدرومتری به منظور بررسی حجم آبدی رودخانه‌ها، تعیین رسوب معلق و رسوب بستر و کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب تأسیس می‌شوند [۱]. این ایستگاه‌ها با توجه به تجهیزات موجود در آن‌ها به ۴ گروه تقسیم می‌شوند. تجهیزات موجود در ایستگاه‌های درجه یک شامل اشل<sup>۱</sup>، لیمنوگراف<sup>۲</sup> و پل تلفریک یا ساختمانی برای اندازه‌گیری سیلاب است. در ایستگاه‌های درجه دو اشل و پل تلفریک یا ساختمانی، در ایستگاه‌های درجه سه اشل و لیمنوگراف و در ایستگاه‌های درجه چهار نیز تنها اشل وجود دارد. اشل در واقع یک خط کش است که از جنس آهن و یا چوب ساخته می‌شود و بسته به وضعیت مجرای انتقال آب ممکن است به صورت عمودی، مایل و یا پلکانی نصب شود. قرائت اشل توسط متصدیان ایستگاه‌های هیدرومتری روزی دو بار انجام می‌شود و اندازه‌گیری دبی رودخانه‌ها نیز توسط تکنسین‌های مربوطه به‌طور مستمر و معمولاً دو بار در ماه صورت می‌گیرد. همزمان با اندازه‌گیری دبی، نمونه‌برداری رسوب و کیفیت شیمیایی آب نیز انجام می‌شود. در مواقع سیلابی دفعات اندازه‌گیری دبی بیشتر می‌گردد. پس از پایان یافتن سال آبی، منحنی دبی-اشل<sup>۳</sup> برای هر ایستگاه تهیه شده و دبی متوسط روزانه، دبی حداکثر سیلابی و سایر اطلاعات مربوط به آبدی ایستگاه تهیه می‌شود. اندازه‌گیری سرعت جریان رودخانه با استفاده از دستگاه مولینه انجام می‌شود. برای اندازه‌گیری دبی رودخانه یا باید به داخل رودخانه

<sup>1</sup> Staff gauge

<sup>2</sup> Limnograph

<sup>3</sup> Rating Curve or Stage-Discharge curve





رفت و یا از روی پلی در بالای مقطع رودخانه اندازه‌گیری را انجام داد. در مواقع سیلابی که عمق و شدت جریان رودخانه زیاد است و امکان ورود به داخل آب وجود ندارد، دستگاه مولینه با استفاده از جرثقیل از روی پل اندازه‌گیری سیلاب به درون رودخانه انتقال هدایت می‌شود (شکل ۱). این پل‌ها معمولاً در دو نوع کابلی تلفریک یا ساختمانی می‌باشند. نمونه برداری بار معلق با استفاده از نمونه بردار مخصوص و اندازه‌گیری بار کف نیز با استفاده از دستگاه نمونه بردار هلی-اسمیت<sup>۱</sup> انجام می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱- اندازه‌گیری سیلاب در ایستگاه هیدرومتری آرازکوسه با استفاده از دستگاه مولینه (سمت چپ) و اندازه‌گیری رسوب معلق و بار کف با استفاده از دستگاه هلی-اسمیت (سمت راست)

## ۲. مواد و روش‌ها

استان گلستان با مساحت ۲۰۴۳۸ کیلومترمربع شامل ۱۴ شهرستان در شمال کشور و ضلع شرقی دریای خزر واقع شده است. متوسط بارندگی بخش شمالی استان حدود ۲۷۵ میلی‌متر در سال با اقلیم نیمه خشک تا خشک بیابانی و بخش میانی استان دارای بارندگی حدود ۶۰۰ میلی‌متر در سال و با اقلیم معتدل خزری می‌باشد. بخش ارتفاعات جنوبی استان نیز دارای میزان بارش کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر در سال و عموماً به صورت برف بوده و اقلیم آن سرد کوهستانی است. حوضه‌های آبریز گرگانود، اترک، قره‌سو، خلیج گرگان و نکارود بالا حوضه‌های آبریز استان گلستان می‌باشند (شکل



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



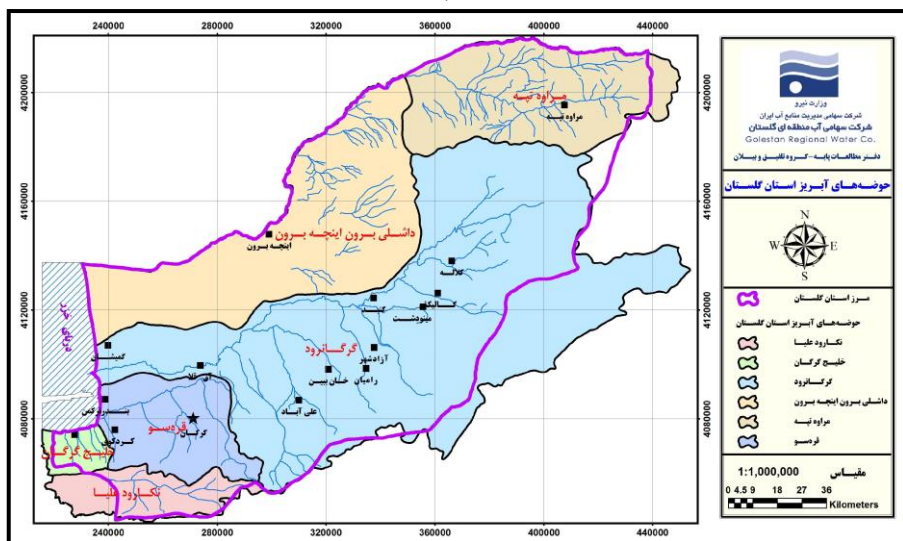
شرکت مدیریت منابع آب ایران

<sup>1</sup> Helley-Smith





۲). دفتر مطالعات پایه شرکت آب منطقه‌ای گلستان با تکمیل، تجهیز و مدیریت ۳۲ ایستگاه باران سنجی، ۲۹ ایستگاه تبخیر سنجی، ۶۳ ایستگاه آب سنجی و ۴ ایستگاه برف سنجی، آمار و اطلاعات منابع آب سطحی حوضه‌های آبریز استان را ثبت، پایش و تحلیل می‌نماید.



شکل ۲- نقشه حوضه‌های آبریز استان گلستان

در این میان تجهیز ایستگاه‌های باران سنجی و هیدرومتری به سنسورهای الکترونیکی و ثبت داده‌های بارندگی و دبی رودخانه در فواصل زمانی کوتاه‌مدت و امکان دریافت اطلاعات در مرکز مانیتورینگ، از جنبه‌های مختلف حائز اهمیت می‌باشد. کاربرد گسترده این اطلاعات در طراحی سدها، پل‌ها و سایر سازه‌های آبی از یک سو و ایجاد امکان استفاده از آن در مدیریت سیلاب در مخزن سد، منجر به توجه ویژه به این نوع ایستگاه‌ها شده است. استان گلستان در مجموع دارای ۲۷۰۰ کیلومتر رودخانه اصلی در ۴۰ شاخه است که شبکه پایش مورد بحث، حدود ۱۵۰ کیلومتر از شاخه اصلی گرگانرود و دو سد زنجیره‌ای بوستان و گلستان را شامل می‌شود. این شبکه امکان مدیریت سیلاب رودخانه اصلی تا ورود به مخزن سدهای بوستان و گلستان را با استفاده از آمار به هنگام مقادیر بارندگی و سطح آب رودخانه در محل ایستگاه‌های تجهیز شده، در بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت، فراهم می‌نماید. فهرست ایستگاه‌های شبکه پایش سیلاب ورودی به سدهای بوستان



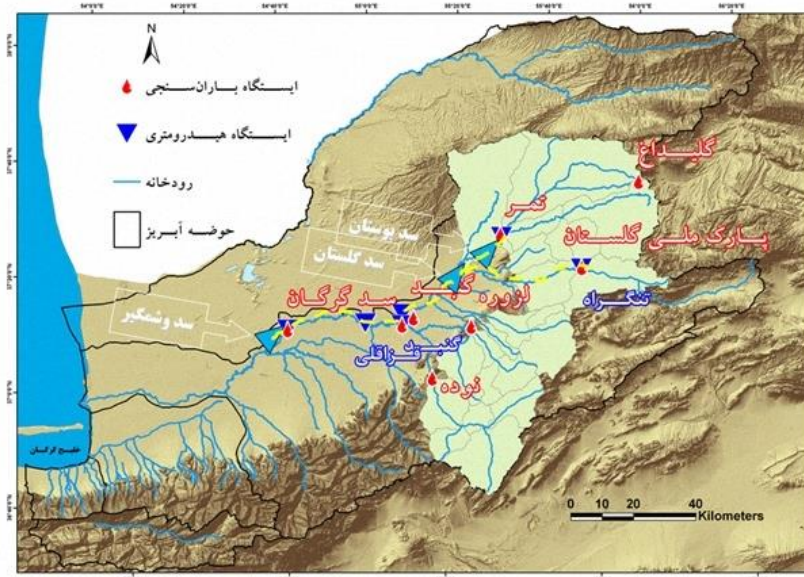


و گلستان در جدول ۱ آمده است. همچنین محل قرارگیری این ایستگاه‌ها به همراه حوضه آبریز تحت پوشش در شکل ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱- فهرست ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری شبکه پایش سیلاب ورودی به سدهای

بوستان و گلستان

| نام ایستگاه     | نوع ایستگاه | نام ایستگاه | نوع ایستگاه | نام ایستگاه | نوع ایستگاه | نام ایستگاه | نوع ایستگاه |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| پارک ملی گلستان | باران‌سنجی  | نوده        | باران‌سنجی  | تنگراه      | هیدرومتری   | قزاقلی      | هیدرومتری   |
| گلیداغ          | باران‌سنجی  | مینودشت     | باران‌سنجی  | تمر         | هیدرومتری   | سد گرگان    | هیدرومتری   |
| تمر             | باران‌سنجی  | ارازکوسه    | باران‌سنجی  | گنبد        | هیدرومتری   |             |             |
| گنبد            | باران‌سنجی  | سد گرگان    | باران‌سنجی  | ارازکوسه    | هیدرومتری   |             |             |



شکل ۳- محل قرارگیری ایستگاه‌ها و حوضه آبریز تحت پوشش شبکه پایش به همراه سدهای زنجیره‌ای استان گلستان





ایستگاه‌های باران‌سنجی با هدف سنجش میزان بارندگی تأسیس شده و بر حسب دوره و زمان اندازه‌گیری به سه نوع ذخیره‌ای، معمولی و ثبات تقسیم می‌شوند. باران‌سنج‌های ذخیره‌ای در ارتفاعات و محل‌هایی که امکان دسترسی روزانه به آن نیست، نصب شده و در آن‌ها میزان نزولات جوی به صورت تجمعی اندازه‌گیری می‌شود. در باران‌سنج‌های معمولی میزان بارندگی روزانه توسط دیده‌بان‌های محلی (متصدی ایستگاه) به صورت دو نوبت در روز اندازه‌گیری می‌شود. هدف اصلی از تأسیس باران‌سنج‌های ثبات، تعیین شدت و مدت بارندگی است. باران‌سنج‌های ثبات به دو نوع کلی مکانیکی و الکترونیکی تقسیم‌بندی می‌شوند. عمل ثبت مقادیر بارندگی در باران‌سنج ثبات مکانیکی با ترسیم بر روی کاغذهای مخصوص انجام می‌شود درحالی‌که باران‌سنج الکترونیکی، قابلیت ثبت رقمی مقادیر بارندگی را دارا می‌باشد. سنسورهای تیپینگ باکت<sup>۱</sup>، وزنی و لیزری از انواع فناوری‌های بکاررفته در باران‌سنج‌های الکترونیکی است. انتخاب هر یک از انواع فناوری‌های ساخت متناسب با نیاز، شرایط اقلیمی و امکانات پشتیبانی موجود صورت می‌پذیرد. در حال حاضر متداول‌ترین فناوری ساخت سنسور باران‌سنجی، سنسور تیپینگ باکت می‌باشد. این نوع باران‌سنج دارای دو پیمانانه با حجم مشخص است و تعداد دفعات پر و خالی شدن پیمانانه‌های آن به وسیله شمارنده الکترونیکی اندازه‌گیری می‌شود. این نوع باران‌سنج در مناطق سردسیر، برای ذوب کردن بارش‌های جامد، به گرمکن مجهز می‌گردد که در این صورت بهتر است از برق شهری برای تغذیه آن استفاده شود. محل ورود باران به داخل باران‌سنج به صورت دوره‌ای باید تمیز شود. باران‌سنج وزنی، از اندازه‌گیری وزن برای سنجش میزان بارش استفاده می‌کند و امکان اندازه‌گیری نزولات جوی جامد و مایع را دارا می‌باشد. باران‌سنج لیزری، با استفاده از پردازش سیگنال، انواع بارش‌ها از قبیل باران، برف، تگرگ، باران همراه برف و شب‌نم را اندازه‌گیری می‌کند و در مناطقی که دارای توفان شن می‌باشد و امکان استفاده از نوع تیپینگ باکت، به علت مسدود شدن دهانه باران‌سنج از شن فراهم نیست، کاربرد بیشتری دارد. باران‌سنج‌های وزنی و لیزری نیازی به گرمکن ندارند لذا برای مناطق سردسیر که فاقد برق شهری می‌باشند مناسب هستند. در ایستگاه‌های باران‌سنجی شبکه پایش حوضه آبریز بالادست سد گلستان، به علت عدم وجود



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

شرایط یخبندان طولانی مدت در طی سال، از دستگاه‌هایی با فناوری تیپینگ باکت استفاده شده است. شکل ۴ نمونه‌ای از انواع باران‌سنج‌های مذکور و دستگاه نصب شده در ایستگاه پارک ملی گلستان را نشان می‌دهد.



شکل ۴- نمونه‌ای از دستگاه‌های باران‌سنج با فناوری وزنی (سمت راست بالا) و راداری (سمت راست پایین) و نیز دستگاه با فناوری تیپینگ باکت نصب شده در ایستگاه پارک ملی گلستان (سمت چپ)

اقدامات انجام شده در منطقه مورد مطالعه، در زمینه نوین‌سازی و ارتقاء ایستگاه‌های هیدرومتری به منظور استفاده از آن در مدیریت بهتر مخازن سد‌های زنجیره‌ای استان، شامل احداث لیمنوگراف، پل‌های اندازه‌گیری سیلاب، مقطع کنترل، اجرای کف بند و تثبیت بستر رودخانه در محل ایستگاه آب‌سنجی و همچنین ثبت و انتقال اطلاعات با بهره‌گیری از زیرساخت مخابراتی موبایل (جی اس ام - دیتا<sup>۱</sup>) می‌باشد. برای ثبت پیوسته تغییرات سطح آب از دستگاه سطح‌سنج



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦♦♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۱۳۹۶ و ۲۲ آبان‌ماه ۱۳۹۶

<sup>1</sup> GSM-Data



ثبات که بر مبنای سازوکار بکار رفته در آن به دو نوع مکانیکی و الکترونیکی تقسیم‌بندی شده، استفاده می‌شود [۱]. مزیت سنسورهای الکترونیکی، توانایی آن‌ها در ثبت و ذخیره داده‌ها در بانک اطلاعات رقومی می‌باشد که کاربرد داده‌های ثبت شده را بسیار آسان‌تر و سریع‌تر می‌نماید.

از انواع روش‌های اندازه‌گیری سطح آب در سطح سنسج‌های الکترونیکی می‌توان سنسورهای اولتراسونیک<sup>۱</sup>، سنسورهای فشاری شناور<sup>۲</sup>، سنسورهای اندازه‌گیری فشار (اندازه‌گیری حباب)<sup>۳</sup> و دستگاه‌های ثبت دارای شناور (شفث انکودر)<sup>۴</sup> را نام برد [۲]. سنسورهای اولتراسونیک با ارسال امواج صوتی و در نظر گرفتن زمان انتقال موج، به محاسبه فاصله تا سطح آب می‌پردازد. مزیت این روش عدم تماس فیزیکی سنسور با جریان آب رودخانه است و مهم‌ترین محدودیت آن، وابستگی سرعت موج به شرایط محیطی (دما، فشار و رطوبت) است که صحت داده‌های ثبت شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در روش شفث انکودر از شناور<sup>۵</sup> و قرقره<sup>۶</sup> استفاده می‌شود. شناور بر روی سطح آب قرار گرفته و دستگاه میزان بالا یا پایین رفتن شناور را بسته به جهت چرخش قرقره، ثبت می‌کند. مهم‌ترین مزیت این روش، سهولت استفاده در ایستگاه‌های موجود و اطمینان بیشتر به صحت داده‌ها و یکی از مهم‌ترین الزامات آن احداث لیمنوگراف لوله‌ای می‌باشد. در مجموع، با توجه به مزایا و معایب دستگاه‌های متداول ثبت، روش ثبت تغییرات با شناور، گزینه برتر از نظر فنی و البته اقتصادی تشخیص داده شده است [۳]. در تجهیز ایستگاه‌های هیدرومتری استان گلستان نیز از نوع سنسورهای شفث انکودر استفاده گردیده است (شکل ۵). این دستگاه‌ها دارای دیتالاگر بوده و با توجه به تنظیمات، در فواصل زمانی یک ساعته به ثبت تغییرات سطح آب می‌پردازد و قابلیت اتصال به شبکه مخابراتی و انتقال دیتا از طریق خطوط موبایل را دارد. لازم به ذکر است که در کلیه ایستگاه‌های مذکور از انرژی خورشیدی به عنوان منبع تغذیه استفاده شده است.

<sup>1</sup> - Ultrasonic Level Sensors

<sup>2</sup> - Submersible Pressure Sensors

<sup>3</sup> - Pressure Measurement Sensors (Bubbler Gauges)

<sup>4</sup> - Shaft Encoder with Float Assemblies

<sup>5</sup> - Float

<sup>6</sup> - Pulley





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



شکل ۵- نمونه دستگاه‌های سطح‌سنج الکترونیکی با سنسور شفت انکودر منصوب در

### ایستگاه‌های هیدرومتری استان گلستان

از سوی دیگر بهترین نوع ساختمان لیمنوگراف، نوع لوله‌ای آن می‌باشد [۴] و در ایستگاه‌های هیدرومتری شبکه پایش نیز از همین روش استفاده شده است (شکل ۶). در این روش از یک لوله آهنی که در آب مستغرق است و در انتهای آن قیفی تعبیه شده که جلوی شدت نوسانات و موج را در داخل لوله گرفته و احتمال رسوب‌گذاری در داخل لوله را کمتر می‌کند، استفاده می‌شود.



شکل ۶- نمونه‌ای از احداث لیمنوگراف از نوع لوله‌ای - ایستگاه هیدرومتری تنگراه (سمت راست) و

پل ساختمانی اندازه‌گیری سیلاب - ایستگاه هیدرومتری قزاقلی (سمت چپ)



سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir ♦ info@ifmc.ir



گذشته از همه تمهیدات اندیشیده شده فوق، صحت و دقت داده‌های ثبت شده مهم‌ترین شاخصه عملکرد ایستگاه‌های آب و هواشناسی محسوب می‌شود. یک دستگاه اندازه‌گیری دقیق، به هنگام دریافت ورودی‌های یکسان، خروجی‌های یکسانی را تولید خواهد کرد؛ اما صحت به این موضوع که مقدار قرائت شده توسط یک دستگاه اندازه‌گیری تا چه اندازه به اندازه واقعی نزدیک می‌باشد، اشاره می‌کند [۵]. بهره‌برداری مستمر از وسایل اندازه‌گیری تحت تأثیر عوامل آب و هواشناسی، منجر به انحراف و خارج شدن دقت اندازه‌گیری از دامنه خطای قابل قبول می‌گردد، لذا هرگونه فعالیتی که منجر به هدایت عملکرد دستگاه به محدوده خطای قابل قبول باشد را کالیبراسیون گویند [۶]؛ بنابراین کالیبراسیون یکی از اقدامات ضروری برای حصول اطمینان از صحت و دقت اندازه‌گیری دستگاه است. وسایل اندازه‌گیری کالیبره می‌شوند تا در محدوده مشخصات فنی تولید آن، صحت داشته باشند. به منظور اطمینان از صحت مقادیر بارندگی ثبت شده توسط سنسورهای الکترونیکی، دفتر مطالعات پایه شرکت آب منطقه‌ای گلستان، دستگاه‌های منصوب در ایستگاه‌ها را به صورت دوره‌ای به آزمایشگاه کالیبراسیون موسسه تحقیقات آب وزارت نیرو ارسال نموده و گواهی کالیبراسیون دریافت می‌نماید. کالیبراسیون باران سنج‌ها در شرایط محیطی با دمای  $23 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۰-۳۵ درصد و شدت‌های مختلف بارندگی انجام می‌شود.

### ۳. نتایج و بحث

در این مقاله تجهیزات الکترونیکی مورد استفاده در ایستگاه‌های هیدرومتری و باران‌سنجی اتوماتیک شبکه پایش استان گلستان برای ثبت وقایع بارش-رواناب از جمله باران‌سنج‌های الکترونیکی تیپینگ باکت و سطح‌سنج‌های رودخانه‌ای شفت انکودر و نیز سامانه‌های انتقال اطلاعات با استفاده از زیرساخت مخابراتی موبایل معرفی شد. همچنین مفهوم کالیبراسیون تجهیزات اندازه‌گیری و لزوم انجام آن در ثبت صحیح وقایع بارندگی مورد بحث قرار گرفت. مقادیر بارندگی و سطح‌آب رودخانه که در حال حاضر در ایستگاه‌های شبکه پایش به ترتیب در فواصل زمانی یک دقیقه‌ای و ۱۵ دقیقه‌ای ثبت می‌شوند، قابلیت استفاده در مطالعات هیدرولوژیک از جمله مدل‌سازی بارش-رواناب، بررسی تغییرات رژیم بارشی در طول زمان و غیره





را داراست و دقت این مطالعات را تا حد زیادی نسبت به استفاده از داده‌های بارش روزانه بالا می‌برد.

فناوری شفت انکودر که در ایستگاه‌های هیدرومتری شبکه پایش جهت سنجش آب رودخانه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است، در کنار مزایای گفته شده، در زمان سیلاب و جریان رسوبی کارایی مناسبی نداشته و معمولاً گیر کردن شناور آن در رسوبات و یا خارج شدن سیم از روی قرقره دستگاه باعث عدم ثبت صحیح نوسانات جریان رودخانه می‌شود. همچنین محدودیت کارایی و خطای باران‌سنج‌های الکترونیکی با فناوری ساخت فعلی (تیینگ باکت) به‌ویژه در زمان بارندگی با شدت بالا و یا وزش باد [۷] می‌تواند بر صحت و دقت اطلاعات به دست آمده مؤثر باشد.

#### ۴. نتیجه‌گیری

حوضه‌های آبریز استان گلستان، موزاییکی از کاربری‌های مختلف اراضی هستند که الگوهای متفاوتی از پوشش گیاهی را در همه مراحل رشد در بر گرفته و دارای خصوصیات زمین‌شناسی، خاکشناسی و اقلیم‌های متفاوتی نیز می‌باشند. این تنوع محیطی قادر است نقش مؤثری در فرآیند بارش - رواناب این حوضه‌ها و وقوع سیل‌های ناگهانی داشته باشد. لذا توسعه شبکه سنجش منابع آب سطحی به‌ویژه ایستگاه‌های الکترونیکی از مؤلفه‌های با ارزش مدیریت غیرسازه‌ای سیلاب محسوب می‌شود. در این مقاله به تشریح اقدامات انجام شده در زمینه ایجاد شبکه پایش ایستگاه‌های هیدرومتری و باران‌سنجی مجهز به دستگاه‌های الکترونیکی آب و هواشناسی در استان گلستان شامل احداث لیمنوگراف، پل‌های اندازه‌گیری سیلاب در محل ایستگاه آب‌سنجی، تجهیز ایستگاه‌ها به باران‌سنج و سطح‌سنج‌های الکترونیکی و نیز استفاده از روش‌های نوین برای انتقال اطلاعات با استفاده از زیرساخت مخابراتی موجود به منظور مدیریت سیلاب در مخزن سد گلستان پرداخته شد.

نتایج حاصل از اجرای پروژه‌های مذکور نشان می‌دهد که تجهیز ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری به دستگاه‌های اندازه‌گیری الکترونیکی و سامانه انتقال اطلاعات می‌تواند نقش مؤثری در ارتقاء کیفیت ثبت داده‌های منابع آب داشته باشد. همچنین آگاهی از این اطلاعات کمک قابل توجهی به مدیریت سیلاب ورودی به مخازن سد‌های پایین دست خواهد نمود.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



اقدامات مذکور نمونه‌ای از دستاوردهای کاربردی تلفیق مهندسی عمران، مهندسی برق-الکترونیک، مخابرات و مهندسی منابع آب به منظور افزایش صحت و دقت ثبت داده‌ها و تسریع در انتقال آن را به نحو مطلوبی نشان می‌دهد. البته لازم به ذکر است که بهره‌برداری بهینه از چنین شبکه پایشی نیازمند به کارگیری نیروی انسانی متخصص، تعیین ساختار سازمانی مربوطه و نیز تأمین هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری از سیستم از جمله جایگزینی تجهیزات در صورت سرقت یا تخریب شده، هزینه خطوط ارتباطی و غیره است. همچنین با توجه به مشخصات حوضه‌های آبریز استان گلستان از جمله زمان تمرکز پایین، انجام مطالعات سامانه پیش‌بینی و هشدار سیل محلی در هر یک از حوضه‌های آبریز با در نظر گرفتن یک سامانه مخابراتی مطمئن و مستقل به منظور مدیریت سیلاب در بالادست و سرشاخه‌ها ضروری به نظر می‌رسد.

## ۵. قدردانی

تکمیل، تجهیز و نوین‌سازی شبکه پایش ایستگاه‌های آب و هواشناسی مجهز به دستگاه‌های الکترونیکی در استان گلستان با استفاده از اعتبارات مالی شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان انجام شده است؛ لذا نگارندگان مقاله برخود لازم می‌دانند از حمایت‌های مدیرعامل محترم شرکت جناب آقای مهندس نظری و اعضای محترم هیئت مدیره و نیز تلاش همکاران محترم دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشند.

## ۶. مراجع

۱. مهدوی، محمد. (۱۳۸۵)، "هیدرولوژی کاربردی"، جلد اول، چاپ ششم، انتشارات دانشگاه تهران.
2. Resources Inventory Committee, (1998). Manual of standard operating – procedures for hydrometric surveys in British Columbia , version 1.1 , Ministry of Environment.
۳. جلال‌الدینی کرکی، سید محمدصادق و سید ابراهیم سیدی. (۱۳۸۵)، "اصول فنی نصب لیمنوگراف، انتخاب محل، ثبت و برداشت داده‌ها در خشک‌رودها"، مجموعه مقالات هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.
۴. دفتر بررسی‌های منابع آب- وزارت نیرو. (۱۳۷۱)، "نحوه ساختن خانه‌های مسکونی متصدیان، ایستگاه‌های هیدرومتری، هیدرولوژی و برف‌سنجی- کد ۳۳۷-۹۹-۴۱۰"، چاپ اول، انتشارات معاونت امور بهره‌برداری و مدیریت منابع آب وزارت نیرو.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

۵. هدایتی، علی‌اصغر، حریر پوش، محمدجواد و عنایت ا... علی نژاد طاهری. ۱۳۸۸. سیستم‌های اندازه‌گیری دقیق و کالیبراسیون. انتشارات پلک
۶. دفتر مطالعات پایه منابع آب. (۱۳۸۵). "دستورالعمل برنامه‌ریزی و استنجی ادوات و تجهیزات آب و هواشناسی"، شرکت مدیریت منابع آب ایران - وزارت نیرو.
7. Habib, Emad H., Ehab A. Meselhe, and Ananda V. Aduvala, (2008). Effect of local errors of tipping-bucket rain gauges on rainfall-runoff simulations. Journal of Hydrologic Engineering, 13(6), 488-496.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir ♦ info@ifmc.ir



HN-00710114

## ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی برای بارش‌های سیل‌زا در شمال ایران

علیرضا عبدالمنافی<sup>۱\*</sup>، بهرام ثقفیان<sup>۱</sup>، صالح امین‌یاوری<sup>۲</sup>

۱- دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

۲- گروه فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس.

### چکیده:

هرساله بلایای طبیعی به‌ویژه سیل‌ها باعث خسارات فراوانی در ایران می‌گردند و در این راستا، تلاش‌های بسیاری برای پیش‌بینی و هشدار سیل صورت گرفته تا بتوان تا حدودی از خسارات ناشی از سیل را کاهش داد. مدل‌های پیش‌بینی عددی گروهی بارش جهانی مانند ECMWF، UKMO، NCEP از جمله مدل‌های نوین در سیستم‌های هواشناسی هستند که در پیش‌بینی نزولات جوی و تغییرات آب‌وهوایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این تحقیق دقت پیش‌بینی این مدل‌ها برای بارش‌های سیل‌زا (بیشتر از ۱۵ میلی‌متر) در شمال ایران طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷ ارزیابی شد. داده‌های پیش‌بینی روزانه مدل‌های عددی گروهی بارش جهانی از پایگاه داده TIGGE استخراج و با استفاده از روش IDW به داخل ایستگاه‌های سینوپتیکی منتخب درون‌یابی شدند و از معیارهای خطای RMSE، BIAS، FAR، POD، ETS و ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد و نتایج نشان داد که مدل ECMWF نسبت به سایر مدل‌ها عملکرد منطقی و مناسب‌تری داشته و توانسته است وقایع بارش را با میزان خطای کمتری پیش‌بینی کند ولی هرسه مدل تعداد وقایع بارش‌های سیل‌زا را کمتر از واقعیت پیش‌بینی کردند.

**کلمات کلیدی:** پیش‌بینی عددی گروهی بارش، مدل‌های جهانی، بارش‌های سیل‌زا، ارزیابی.





## ۱. مقدمه

بارش‌های سیل‌زا معمولاً باعث خسارت‌های زیادی نظیر تلفات و ضایعات انسانی، آبرفتگی منازل، اماکن مسکونی و صنعتی، مزارع، تلفات دامی، تخریب تأسیسات زیربنایی نظیر جاده‌ها، پل‌ها، خطوط انتقال برق، شبکه‌های آب و گاز و کاهش کیفیت زندگی جامعه بشری می‌شود. تعیین فراوانی‌ها و مقادیر این حوادث برای مدیریت سیلاب دشت‌ها، طرح‌های هیدرولیکی سازه‌ها و برنامه‌های حفاظتی از جوامع بشری و ... از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۱]. NWP یا پیش‌بینی عددی هوا<sup>۱</sup> روشی است مبتنی بر روابط علمی و مدل‌های ریاضیاتی که به کمک آن می‌توان مقادیر نزولات جوی و پارامترهای هواشناسی را با توجه به شرایط آب‌وهوایی در ارتفاعات و نقاط مختصاتی مشخص، برآورد و پیش‌بینی نمود. از نمونه مدل‌های پیش‌بینی عددی جهانی می‌توان به مدل‌های UKMO<sup>۲</sup>، ECMWF<sup>۳</sup>، NCEP<sup>۴</sup> و ... اشاره نمود. استفاده از پیش‌بینی عددی بارش، راهکار مناسبی برای کاهش خسارات ناشی از سیلاب است. بهبود پیش‌بینی‌های عددی بارش، هدف اصلی مراکز پیش‌بینی و یک چالش اساسی برای جوامع تحقیقاتی هواشناسی است. با درک محدودیت‌های پیش‌بینی قطعی در حالت‌های جو و با تغییر در شرایط اولیه، روش‌های پیش‌بینی گروهی برای بهبود توانایی پیش‌بینی‌های عددی و احتمالاتی توسعه داده شده‌اند. در واقع پیش‌بینی‌های گروهی شامل پیش‌بینی‌های منفرد متعددی است که با پارامترسازی فیزیکی مختلف و یا شرایط اولیه متفاوت ایجاد شده‌اند. یک برنامه تحقیق و توسعه بین‌المللی به نام THORPEX برای شتاب دادن به بهبود دقت پیش‌بینی‌های عددی در سال ۲۰۰۳ برگزار شد و TIGGE بخشی از پروژه THORPEX؛ دربردارنده پیش‌بینی‌های گروهی از ۱۰ مرکز جهانی NWP است [۲]. برخی از مهم‌ترین تحقیقاتی که در خصوص ارزیابی مهارت پیش‌بینی‌های عددی گروهی بارش در ایران و سایر کشورها انجام شده، شامل موارد زیر است:



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

<sup>1</sup> Numerical weather prediction

<sup>2</sup> United Kingdom met office

<sup>3</sup> European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

<sup>4</sup> National centers for environmental prediction

<sup>5</sup> THORPEX Interactive Grand Global Ensemble



هی و همکاران با استفاده از داده‌های هواشناسی TIGGE، یک سیستم هشدار سیل برای بالادست حوضه رودخانه هائوی چین ایجاد کردند. در این تحقیق از جولای تا سپتامبر ۲۰۰۸ جهت پیش‌بینی‌های گروهی TIGGE از ۵ مرکز هواشناسی برای پیش‌بینی سیل استفاده شد. مدل به‌کاررفته در این تحقیق روش توزیعی Xinanjiang است و ECMWF بهترین عملکرد را نسبت به مدل‌های دیگر ارائه نموده است [۳]. لووت و همکاران به ارزیابی پیش‌بینی‌های بارش مدل TIGGE برای دوره ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ در غرب آفریقا پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که مراکز ECMWF و UKMO نتایج بهتری نسبت به هفت مدل پیش‌بینی انتخاب شده، داشته‌اند [۴]. سو و همکاران به ارزیابی مقادیر QPF‌های خروجی ۶ مرکز هواشناسی از مدل TIGGE برای نیمکره شمالی در تابستان ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ پرداختند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که ECMWF بهترین راندمان را نیز داشته و به‌طور کلی نمرات مهارت پیش‌بینی برای وسط نیمکره شمالی از مناطق گرمسیری آن بهتر برآورد شد [۵]. امین‌یاوری و همکاران مدل‌های پیش‌بینی عددی گروهی بارش جهانی TIGGE را برای اقلیم‌های متفاوت در کل ایران را برای سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۶ را با سه نوع روش ارزیابی قطعی، دوبخشی و احتمالاتی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مدل پیش‌بینی ECMWF نمرات و ارزیابی بهتری نسبت به سایر مدل‌ها ارائه داده است. با این حال، همه مراکز، بارش را در مناطق پرباران، دست پایین و در مناطق دیگر، دست بالا پیش‌بینی نموده است [۶]. در این تحقیق با هدف ارزیابی بارش‌های سیل‌زا توسط سه مدل ECMWF, UKMO, NCEP از پایگاه داده TIGGE برای در شمال ایران انتخاب و با دو روش ارزیابی قطعی و دوبخشی بررسی شدند.

## ۲. مواد و روش تحقیق

در اولین گام با بررسی سوابق بارش در نواحی شمال کشور، ۴ ایستگاه سینوپتیکی از سازمان هواشناسی کشور انتخاب شدند که مشخصات آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شد. با توجه به بارش‌های ثبت شده برای هریک از ایستگاه‌ها، بارش‌های بیشتر از ۱۵ میلی‌متر در نظر گرفته شد. حد آستانه‌های بارش‌های مشاهداتی به ترتیب ۱۵ میلی‌متر، ۲۵ میلی‌متر، ۳۵ میلی‌متر و ۴۵ میلی‌متر در نظر گرفته شد.



### جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب

| ایستگاه       | استان    | عرض (درجه) | طول (درجه) | ارتفاع (متر) |
|---------------|----------|------------|------------|--------------|
| آستارا        | گیلان    | ۳۸,۳۶      | ۴۸,۸۵      | -۲۱,۱        |
| لاهیجان       | گیلان    | ۳۷,۱۹      | ۵۰,۰۲      | ۳۴,۲         |
| آمل           | مازندران | ۳۶,۴۷      | ۵۲,۳۸      | ۲۳,۷         |
| بندر امیرآباد | مازندران | ۳۶,۸۶      | ۵۳,۳۹      | -۲۰          |

استان گیلان از استان‌های شمالی کشور است. ناهمواری‌های آن از غرب به شرق شامل: تالش، ماسوله، پشته کوه و رشته کوه البرز است که از سه بخش غربی، مرکزی و شرقی تشکیل شده است. اقلیم سرزمین گیلان به آب‌وهوای معتدل خزری معروف است. کوهستان تالش با جهت شمالی، جنوبی و کوهستان البرز با امتداد غربی - شرقی، مانند سدی از عبور بخار آب دریای مازندران و بادهای مرطوب شمال غربی به داخل ایران جلوگیری می‌کند و به علت ارتفاع زیاد، موجب بارندگی‌های فراوان در استان گیلان می‌شود. میزان بارندگی در استان گیلان به بادهای مرطوبی بستگی دارد که در زمستان از شمال غرب، در بهار از شرق و در تابستان و پاییز از غرب می‌وزند. این بادهای هوای مرطوب دریا را به سوی جلگه‌ی گیلان می‌رانند. این توده‌های هوایی بر اثر برخورد با توده‌های هوای مرطوبی که از سوی دریای مدیترانه به سوی فضای دریای مازندران می‌آیند، موجب بارندگی‌های فراوان و طولانی می‌شوند. با توجه به شرایط اقلیمی و آب‌وهوایی استان گیلان، دو ایستگاه هواشناسی آستارا و لاهیجان که دارای سوابق بارش‌های سیل‌زا هستند انتخاب شدند. موقعیت و وضعیت طبیعی استان مازندران نشانگر دو ناحیه عمده جلگه‌های ساحلی و کوهستانی البرز است. امتداد و جهت رشته کوه‌های البرز به صورت دیواری مرتفع و طولانی، نوار ساحلی و جلگه‌های کناره‌ای دریای مازندران را محصور کرده است. در سراسر استان مازندران، شیب و ارتفاع زمین از ارتفاعات به سوی جلگه و به سمت دریای خزر کاهش می‌یابد. در محل تلاقی جلگه و کوهپایه‌های شمالی البرز، به علت شدت فرسایش و تراکم آبرفت، قسمتی از ناهمواری‌های قدیمی با رسوبات جدیدتر پوشیده شده و در بعضی نقاط به صورت تپه درآمده است. تحت تأثیر نسیم دریا و بادهای محلی، در جلگه‌های سواحل جنوبی و شرقی دریای خزر، تپه‌های ماسه‌ای ساحلی تشکیل شده و سدی طبیعی و کم ارتفاع بین دریا و جلگه پدید آورده‌اند. همچنین در



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران





قسمت شرقی جلگه مازندران رسوباتی ضخیم به صورت تپه‌ماهورهای نسبتاً مرتفع وجود دارد که حداکثر گسترش غربی آن‌ها تا شهرهای بهشهر و نکا محدود می‌شود. آب‌وهوای استان مازندران با توجه به بارش، به چند نوع تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

آب‌وهوای معتدل خزری: جلگه‌های غربی و مرکزی استان تا کوه‌پایه‌های شمالی البرز و امتداد آن در نوار باریکی به‌سوی شرق که از شمال به مسیر اصلی گرگان‌رود محدود می‌شود، آب‌وهوای معتدل خزری دارد.

آب‌وهوای معتدل کوهستانی: با افزایش تدریجی ارتفاع اراضی جلگه‌ای به‌سوی ارتفاعات البرز و دوری از دریای خزر، در نواری به ارتفاع تقریباً ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر، شرایط آب‌وهوای معتدل کوهستانی شکل می‌گیرد.

آب‌وهوای سرد کوهستانی: در قله کوهستان‌های مرتفع دامنه شمالی البرز و در ارتفاع بالای ۳۰۰۰ متر، دمای هوا به شدت پایین می‌آید و یخ‌بندان‌های طولانی ایجاد می‌شود. با توجه به شرایط اقلیمی و آب‌وهوایی استان مازندران، دو ایستگاه هواشناسی آمل و بندر امیرآباد که دارای سوابق بارش‌های سیل‌زا هستند انتخاب شدند.

### ۲-۳) مشخصات پایگاه داده TIGGE

داده‌های گروهی پیش‌بینی عددی بارش نیز از پایگاه داده TIGGE استخراج شد. مشخصات ده مرکز پیش‌بینی موجود در این پایگاه داده در جدول ۲ نشان داده شد.

جدول ۲- خلاصه‌ای از پایگاه داده TIGGE

| مرکز  | کشور   | تعداد عضوهای پیش‌بینی گروهی | رزولوشن افقی (درجه)                                                    | تعداد پیش‌بینی در روز (به وقت گرینویچ) | افق زمانی (پیش‌بینی روز) |
|-------|--------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|
| ECMWF | اروپا  | ۵۱                          | $0,3^{\circ} \times 0,3^{\circ}$<br>$0,56^{\circ} \times 0,56^{\circ}$ | ۰۰:۰۰ و ۱۲:۰۰                          | ۱۵                       |
| NCEP  | امریکا | ۲۱                          | $1^{\circ} \times 1^{\circ}$                                           | ۰۶:۰۰ و ۰۰:۰۰<br>۱۸:۰۰ و ۱۲:۰۰         | ۱۶                       |
| UKMO  | انگلیس | ۱۲                          | $0,56^{\circ} \times 0,83^{\circ}$                                     | ۰۶:۰۰ و ۰۰:۰۰<br>۱۸:۰۰ و ۱۲:۰۰         | ۱۵                       |



در این تحقیق خروجی مدل‌های ECMWF، NCEP و UKMO به‌عنوان داده‌های پیش‌بینی انتخاب و برای سال‌های ۲۰۱۰ تا اوایل ۲۰۱۷ در ساعت ۰۰:۰۰ به وقت گرینویچ و با مقیاس  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  در محدوده ایستگاه‌های سینوپتیکی منتخب، استخراج شدند. داده‌های پیش‌بینی از نوع GRIB2 هستند و در محیط Linux به فرمت csv تبدیل شد. از آنجایی که پیش‌بینی‌ها در نقاط شبکه‌ای با فواصل ۵۰ کیلومتر هستند برای محاسبه مقادیر این پیش‌بینی‌ها در هر ایستگاه، روش وزن‌دهی براساس معکوس فاصله یا  $IDW^1$  جهت درون‌یابی استفاده شد. روش IDW، یک روش درون‌یابی است که از میانگین وزنی مقادیر پیش‌بینی عددی بارش در مجاورت ایستگاه موردنظر استفاده می‌کند تا مقادیر بارش آن ایستگاه را برآورد کند. وزن یک نقطه خاص در میانگین محاسبه شده بستگی به فاصله آن نقطه تا محل ایستگاه دارد و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$z(x) = \frac{\sum w_i z_i}{\sum w_i}$$

(1)

که در آن متغیر  $w_i$  وزن نقاط شبکه‌ها براساس فاصله آن‌ها تا ایستگاه موردنظر، متغیر  $z_i$  بارش ثبت شده در ایستگاه و متغیر  $z(x)$  مقدار بارش درون‌یابی شده برای نقاط شبکه در ایستگاه است. پس از آماده‌سازی داده‌های پیش‌بینی روزانه و مشاهدات نظیر آن‌ها در ایستگاه‌های انتخابی، مهارت پیش‌بینی‌ها در بارش‌های سیل‌زا در دو بخش ارزیابی قطعی و دوبخشی مورد بررسی قرار گرفتند.

## ۲-۴) ارزیابی قطعی<sup>۲</sup>

این نوع ارزیابی نشان می‌دهد که چه مقدار متغیرهای پیوسته پیش‌بینی با مشاهدات نظیرش متفاوت است. در این روش از یکسری نمودارها و روابط برای مطابقت پیش‌بینی‌ها با مشاهدات و تشخیص خطای پیش‌بینی استفاده می‌شود. در این تحقیق دو شاخص ضریب همبستگی



<sup>1</sup> Inverse Distance Weighted

<sup>2</sup> Deterministic verification



پیرسون و خطای جذر میانگین مربعات محاسبه شدند. ضریب همبستگی پیرسون<sup>۱</sup>، یک ضریب آماری جهت اندازه‌گیری قدرت یا درجه، یک رابطه بین دو متغیر است. مشهورترین ضریب همبستگی، همبستگی پیرسون<sup>۲</sup> که مقادیر آن بین -۱ و +۱ است و از رابطه ۲ محاسبه می‌گردد:

$$r = \frac{\sum(F-F)(O-\bar{O})}{\sqrt{\sum(F-F)^2} \sqrt{\sum(O-\bar{O})^2}} \quad (2)$$

که در آن متغیر F داده‌های پیش‌بینی، متغیر  $\bar{F}$  متوسط داده‌های پیش‌بینی، متغیر O داده‌های مشاهداتی و متغیر  $\bar{O}$  متوسط داده‌های مشاهداتی است.

شاخص دوم، خطای جذر میانگین مربعات<sup>۳</sup> یا RMSE است که میزان تفاوت میان مقدار پیش‌بینی شده و مقدار مشاهداتی را اندازه‌گیری می‌کند و مقدار آن بین صفر تا  $\infty$  است و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i)^2} \quad (3)$$

که در آن متغیر N تعداد کل داده‌ها، متغیر  $F_i$  داده پیش‌بینی  $i$ ام و متغیر  $O_i$  داده مشاهداتی  $i$ ام است.

## ۲-۵) ارزیابی دوبخشی<sup>۴</sup>

در این روش، پیش‌بینی‌ها بر دو بخش است: بله، یعنی رویداد اتفاق خواهد افتاد و خیر، رویداد اتفاق نخواهد افتاد. ارزیابی پیش‌بینی بارش و مه معمول‌ترین مثال‌ها برای این ارزیابی است. برای ارزیابی این نوع پیش‌بینی از جدول احتمالاتی دودویی یا تطابق<sup>۵</sup> (جدول ۳) که تعداد بله و خیرهای پیش‌بینی‌ها و مشاهداتی را نمایش می‌دهد، استفاده شد.

<sup>1</sup> Correlation Coefficient

<sup>2</sup> Pearson Correlation

<sup>3</sup> Root Mean Square Error

<sup>4</sup> Dichotomous verification

<sup>5</sup> Contingency table



### جدول ۳- جدول احتمالاتی دودویی برای ارزیابی دوبخشی

|          |       | observed     |                   |              |
|----------|-------|--------------|-------------------|--------------|
|          |       | yes          | no                | total        |
| forecast | yes   | hits         | false alarm       | forecast yes |
|          | no    | misses       | correct negatives | forecast no  |
|          | total | observed yes | observed no       | total        |

این جدول یک روش مفید برای دیدن نوع خطاهای ساخته شده است. hit پیش‌بینی است که اتفاق می‌افتد و در واقعیت هم اتفاق افتاد. miss پیش‌بینی است که اتفاق نمی‌افتد؛ ولی در واقعیت اتفاق افتاد. false alarm پیش‌بینی است که اتفاق می‌افتد ولی در واقعیت اتفاق نیفتاد. correct negative پیش‌بینی است که اتفاق نمی‌افتد و در واقعیت هم اتفاق نیفتاد. چهار روش در این بخش انتخاب شد. اولین روش نسبت اربیبی یا BIAS است. این رابطه نسبت مقیاس فراوانی وقایع پیش‌بینی، به فراوانی رویدادهای مشاهداتی را اندازه‌گیری می‌کند و نشان می‌دهد که آیا مدل، تمایل به پیش‌بینی دست پایین<sup>۱</sup> ( $BIAS < 1$ ) یا پیش‌بینی دست بالا<sup>۲</sup> ( $BIAS > 1$ ) را دارد. این معیار مقدار تطابق داده‌های پیش‌بینی با مشاهداتی را اندازه‌گیری نمی‌کند بلکه فقط فراوانی‌های نسبی را اندازه‌گیری می‌کند. روش اربیبی از متغیرهای توزیع مشترک<sup>۳</sup> استفاده می‌کند و رابطه آن به شرح زیر است:

$$BIAS = \frac{Hits + False\ Alarms}{Hits + Misses} \quad (4)$$

<sup>۱</sup> Underforecast

<sup>۲</sup> Overforecast

<sup>۳</sup> Joint Distribution





روش دیگری که برای ارزیابی کیفیت پیش‌بینی‌ها به کار گرفته شد، روش نسبت هشدار اشتباه یا FAR<sup>۱</sup> است. این روش تابعی است که نسبت به هشدارهای اشتباه و فراوانی رویدادهای اقلیمی، حساس است اما از خطاها چشم‌پوشی می‌کند و باید به همراه رابطه تشخیص احتمال استفاده شود. روش FAR از رابطه ۵ محاسبه شد:

$$FAR = \frac{\text{False Alarms}}{\text{Hits} + \text{False Alarms}} \quad (5)$$

برای ارزیابی و بررسی کیفیت از روش امتیاز مهارت گیلبرت<sup>۲</sup> یا ETS استفاده شد. این روش نسبت مشاهدات به پیش‌بینی‌هایی که به درستی رخ داده‌اند را اندازه‌گیری می‌کند. ETS اغلب در ارزیابی مدل‌های NWP استفاده می‌گردد.

روش ارزیابی ETS به شرح روابط زیر است:

$$\text{Hits}_{\text{Random}} = \frac{(\text{Hits} + \text{Misses})(\text{Hits} + \text{False Alarms})}{\text{Total}} \quad (6)$$

$$ETS = \frac{\text{Hits} - \text{Hits}_{\text{Random}}}{\text{Hits} + \text{Misses} + \text{False Alarms} - \text{Hits}_{\text{Random}}} \quad (7)$$

آخرین روش برای بررسی و ارزیابی پیش‌بینی‌ها، رابطه تشخیص صحیح وقایع یا POD<sup>۳</sup> است که نشان می‌دهد چند درصد وقایع درست پیش‌بینی شدند. روش ارزیابی POD از رابطه ۸ محاسبه شد:

$$POD = \frac{\text{Hits}}{\text{Hits} + \text{Misses}} \quad (8)$$

در این تحقیق هرکدام از آستانه‌ها دارای مقادیر ارزیابی‌های دوبخشی جداگانه هستند.

<sup>1</sup> False Alarm Ratio

<sup>2</sup> Equitable Threat Score (Gilbert Skill Score)

<sup>3</sup> Probability Of Detection (hit rate)



### ۳. نتایج ارزیابی‌ها

میانگین بارش مشاهداتی و پیش‌بینی برای دوره هفت ساله مورد بررسی، به صورت بارش‌های بیش از ۱۵ میلی‌متر در ۴ ایستگاه موردنظر، در جدول ۴ آمده است.

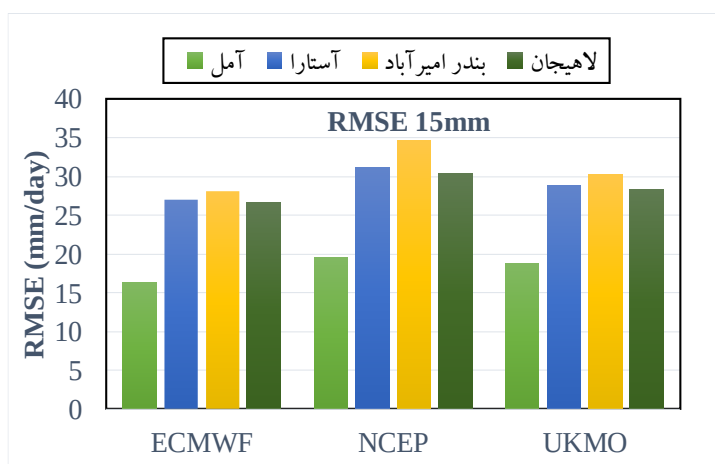
جدول ۴- متوسط داده‌های پیش‌بینی و مشاهداتی برای بارش‌های بیش از ۱۵ میلی‌متر

| نام ایستگاه   | متوسط داده مشاهداتی (mm) | ECMWF (mm) | NCEP (mm) | UKMO (mm) |
|---------------|--------------------------|------------|-----------|-----------|
| آستارا        | ۳۴,۲۶                    | ۱۶,۳۲      | ۱۲,۱۰     | ۱۴,۴۲     |
| لاهیجان       | ۳۵,۷۸                    | ۱۵,۵۲      | ۱۱,۴۰     | ۱۳,۲۵     |
| آمل           | ۲۵,۶۸                    | ۱۵,۵۷      | ۹,۹۵      | ۱۰,۶۱     |
| بندر امیرآباد | ۳۴,۵۴                    | ۱۴,۱۱      | ۷,۲۲      | ۱۳,۵۶     |

با بررسی جدول فوق و مقایسه متوسط هریک از مدل‌ها با متوسط داده مشاهداتی، مدل ECMWF عملکرد بهتری نسبت به دو مدل دیگر داشته و مرکز NCEP از همه ضعیف‌تر بود. همچنین مدل‌ها در ایستگاه آمل نسبت به سه ایستگاه دیگر بهتر پیش‌بینی کردند.

### ۱-۳) نتایج ارزیابی‌های قطعی

شکل ۱ نتایج حاصل از ارزیابی شاخص خطای RMSE برای بارش‌های بیش‌تر از ۱۵ میلی‌متر را نمایش می‌دهد.



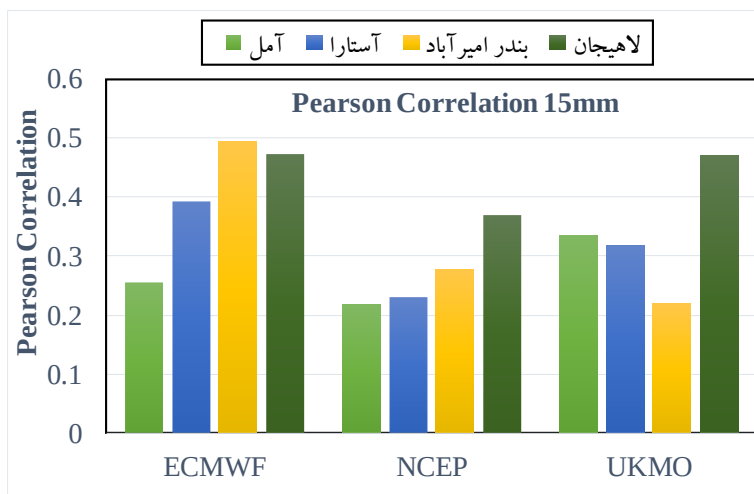
شکل ۱- شاخص RMSE برای بارش‌های بیش از ۱۵ میلی‌متر



شرکت مدیریت منابع آب ایران



همان‌طور که در شکل فوق مشخص است مدل ECMWF خطای کمتری نسبت به دو مدل دیگر دارد و بهترین مقدار آن؛ در ایستگاه آمل است. این نشان داد که مدل ECMWF نسبت به دو مدل دیگر، مقادیر بارش‌ها را با خطای کمتری پیش‌بینی نمود. همچنین در مقایسه دو مدل UKMO و NCEP، عملکرد نسبتاً بهتری دارد. نتایج حاصل از ارزیابی ضریب همبستگی پیرسون در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- ضریب همبستگی پیرسون برای بارش‌های بیش از ۱۵ میلی‌متر

با توجه به خصوصیات و بازه تغییرات ضریب همبستگی، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مقادیر پیش‌بینی شده با مقادیر مشاهداتی تا چه میزانی با یکدیگر مطابقت دارند و هرچه مقدار این شاخص به عدد ۱ نزدیکتر باشد مقادیر پیش‌بینی با مقادیر مشاهداتی مطابقت بیشتری دارد. با بررسی شکل فوق، برای بارش‌هایی با حد آستانه ۱۵ میلی‌متر، مقادیر پیش‌بینی مدل ECMWF نسبت به مدل‌های دیگر با داده‌های مشاهداتی، مطابقت بیشتری دارد. البته بررسی‌ها نشان داد که با بالاتر رفتن حد آستانه‌ها به مرور، مطابقت پیش‌بینی مدل ECMWF با داده‌های مشاهداتی کمتر و برای حد آستانه ۳۵ میلی‌متر، پیش‌بینی‌های مدل UKMO عملکرد بهتری دارد.

نکته جالب در ارزیابی این دو شاخص اینجاست که ایستگاه آمل در شاخص RMSE نمرات بهتری کسب کرد ولی ضریب همبستگی کمتری نسبت به ایستگاه‌های دیگر به دست آورد. این موضوع





بیانگر این است که مدل‌ها در این ایستگاه مقادیر بارش‌های سیل‌زا را بهتر پیش‌بینی کردند ولی در پیش‌بینی مقادیر همه وقایع بارشی اتفاق افتاده، عملکرد ضعیف‌تری نسبت به ایستگاه‌های دیگر دارند.



وزارت نیرو

وزارت راه و شهرسازی

وزارت نیرو

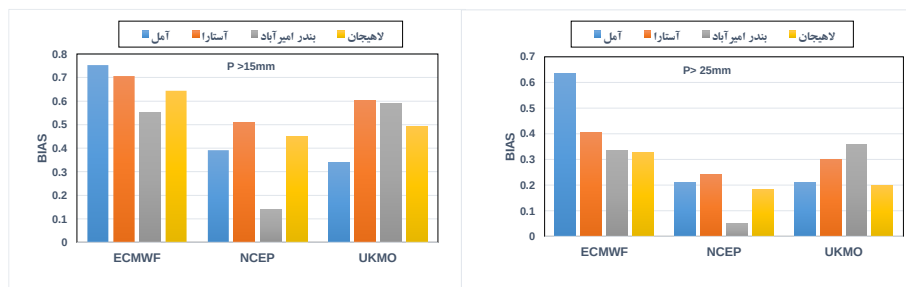
موسسه تحقیقات آب

پژوهشگاه سوانح طبیعی

شرکت مدیریت منابع آب ایران

## ۲-۳) نتایج ارزیابی‌های دوبخشی

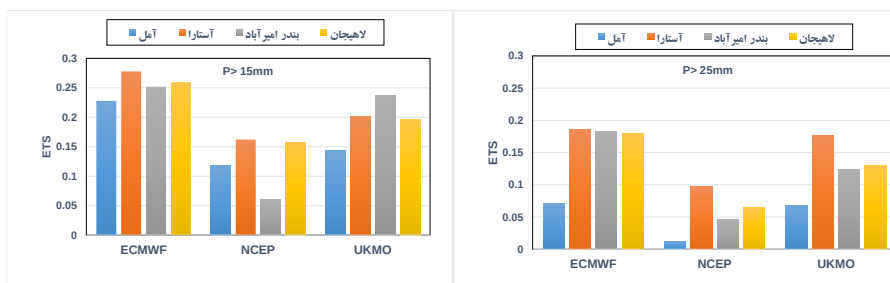
در این بخش به ترتیب چهار آستانه ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ میلی‌متر برای آستانه‌های وقوع سیل در نظر گرفته شد. اگر در هر آستانه؛ مقادیر بالاتر از این حد بود این بدین معنی است که پیش‌بینی موردنظر اتفاق افتاده و عدد یک لحاظ شد و اگر کمتر از حد آستانه موردنظر بود بدین معنی است که پیش‌بینی موردنظر اتفاق نیفتاده و عدد صفر در نظر گرفته شد. براین اساس چهار شاخص ارزیابی دو بخشی طبق توضیحات داده شده در بخش ۲-۵ انتخاب شد. نتایج ارزیابی شاخص BIAS در شکل ۳ برای آستانه‌های ۱۵ و ۲۵ میلی‌متر نمایش داده شد. که مقادیر نزدیک به یک نشان دهنده عملکرد بهتر پیش‌بینی است؛ که براین اساس باز هم ECMWF عملکرد بهتری در این بخش نسبت به دو مدل دیگر دارد؛ اما در ایستگاه بندر امیرآباد با توجه به مقدار BIAS، مدل پیش‌بینی UKMO عملکرد بهتری نسبت به سایر مدل‌ها دارد و وقایع بیشتری را نسبت به مدل‌های دیگر پیش‌بینی کرد. البته همه مدل‌ها در هر چهار ایستگاه، مقادیر BIAS کمتر از یک به دست آوردند که بیانگر آن است که تعداد پیش‌بینی بارش‌های سیل‌زا را دست‌پایین پیش‌بینی کردند.



شکل ۳- مقدار BIAS برای بارش‌های بیش از ۱۵ و ۲۵ میلی‌متر

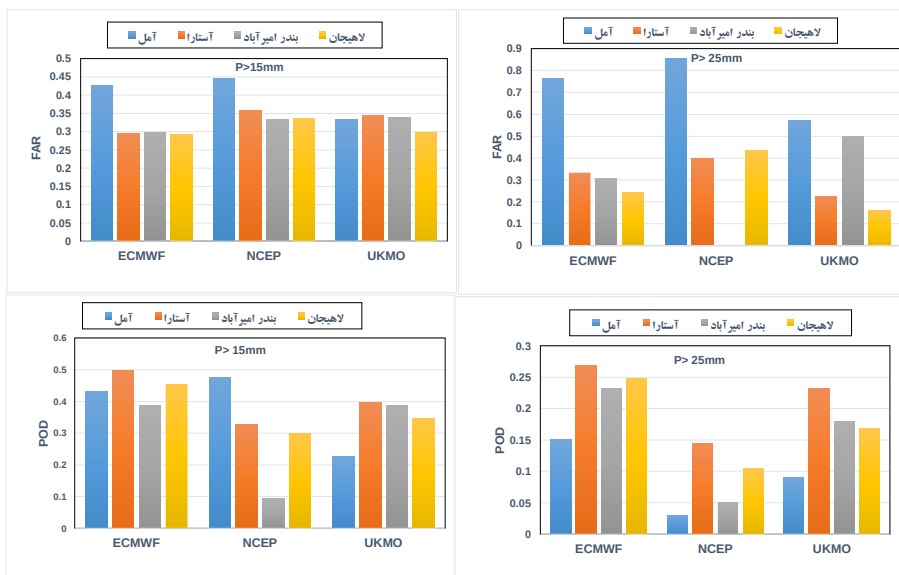


شکل ۴ نتایج ارزیابی ETS را نشان می‌دهد. کلیه ایستگاه‌ها در حد آستانه‌های تعریف شده مدل ECMWF نسبت به سایر مدل‌ها دارای مقدار ETS بیشتری است و این امر نشان‌دهنده بالا بودن سطح کیفیت پیش‌بینی مدل ECMWF است. در رتبه دوم مدل UKMO قرار دارد. کیفیت پیش‌بینی در ایستگاه آمل نسبت به ایستگاه‌های دیگر پایین است.



شکل ۴- ارزیابی ETS برای بارش‌های بیش از ۱۵ و ۲۵ میلی‌متر

شکل ۵ نیز مقادیر ارزیابی شاخص‌های FAR و POD را نمایش می‌دهد. در شاخص FAR مدلی مناسب است که دارای کمترین مقدار باشد، در نتیجه برای حد آستانه ۱۵ میلی‌متر مدل ECMWF به جز ایستگاه آمل سایر ایستگاه‌ها دارای کمترین مقدار هشدار اشتباه هستند. از طرفی در ایستگاه آمل مدل UKMO دارای کمترین تعداد وقایع اشتباه است. می‌توان نتیجه گرفت که در حد آستانه ۱۵ میلی‌متر برای ایستگاه آمل، مدل پیش‌بینی UKMO و برای سایر ایستگاه‌ها، مدل ECMWF مناسب‌ترین مدل برای پیش‌بینی وقایع سیل‌زا است.



شکل ۵- مقادیر FAR و POD برای بارش‌های بیش از ۱۵ و ۲۵ میلی‌متر

برای حد آستانه ۲۵ میلی‌متر مدل NCEP برای ایستگاه بندر امیرآباد هشدار اشتباهی برآورد نشد، ولی با توجه به مقادیر POD در این ایستگاه و همچنین BIAS که برابر با ۰٫۵۱۳ است، نشان می‌دهد که این مدل عملکرد بسیار ضعیفی در پیش‌بینی بارش‌های سیل‌زا داشته است. با ارزیابی این دو شاخص برای هر سه مدل، مهارت بهتری در پیش‌بینی وقوع رویداد سیل در ایستگاه آستارا حاصل شد. در جدول ۵ مقادیر ارزیابی دو بخشی برای آستانه‌های ۳۵ و ۴۵ میلی‌متر نشان داده شد.

جدول ۵- نتایج حاصل از ارزیابی دوبخشی برای حد آستانه ۳۵ و ۴۵ میلی‌متر

| نام ایستگاه |               |        |      | مدل   | آستانه      | معیار ارزیابی |
|-------------|---------------|--------|------|-------|-------------|---------------|
| لاهیجان     | بندر امیرآباد | آستارا | آمل  |       |             |               |
| ۰٫۱۱        | ۰٫۱۵          | ۰٫۲۲   | ۰٫۷۱ | ECMWF | ۳۵ میلی‌متر | BIAS          |
| ۰٫۰۵        | ۰٫۰۴          | ۰٫۰۷   | ۰٫۰۷ | NCEP  |             |               |
| ۰٫۰۵        | ۰٫۰۸          | ۰٫۱۵   | ۰٫۲۱ | UKMO  |             |               |





|      |      |      |      |       |             |     |
|------|------|------|------|-------|-------------|-----|
| ۰,۰۰ | ۰,۰۶ | ۰,۰۳ | ۰,۳۳ | ECMWF | ۴۵ میلی متر |     |
| ۰,۰۰ | ۰,۰۴ | ۰,۰۳ | ۰,۰۰ | NCEP  |             |     |
| ۰,۰۰ | ۰,۰۸ | ۰,۰۰ | ۰,۰۰ | UKMO  |             |     |
| ۰,۰۵ | ۰,۱۰ | ۰,۱۰ | ۰,۰۸ | ECMWF | ۳۵ میلی متر | ETS |
| ۰,۰۳ | ۰,۰۴ | ۰,۰۳ | ۰,۰۰ | NCEP  |             |     |
| ۰,۰۵ | ۰,۰۰ | ۰,۰۸ | ۰,۰۶ | UKMO  |             |     |
| ۰,۰۰ | ۰,۰۵ | ۰,۰۲ | ۰,۰۰ | ECMWF | ۴۵ میلی متر |     |
| ۰,۰۰ | ۰,۰۰ | ۰,۰۰ | ۰,۰۰ | NCEP  |             |     |
| ۰,۰۰ | ۰,۰۰ | ۰,۰۰ | ۰,۰۰ | UKMO  |             |     |
| ۰,۰۶ | ۰,۱۱ | ۰,۱۳ | ۰,۱۴ | ECMWF | ۳۵ میلی متر | POD |
| ۰,۰۴ | ۰,۰۳ | ۰,۰۳ | ۰,۰۰ | NCEP  |             |     |
| ۰,۰۵ | ۰,۰۰ | ۰,۰۹ | ۰,۰۷ | UKMO  |             |     |
| ۰,۰۰ | ۰,۰۵ | ۰,۰۲ | ۰,۰۰ | ECMWF | ۴۵ میلی متر |     |
| ۰,۰۰ | ۰,۰۰ | ۰,۰۰ | ۰,۰۰ | NCEP  |             |     |
| ۰,۰۰ | ۰,۰۰ | ۰,۰۰ | ۰,۰۰ | UKMO  |             |     |
| ۰,۳۷ | ۰,۲۴ | ۰,۴۱ | ۰,۷۹ | ECMWF | ۳۵ میلی متر | FAR |
| ۰,۲۴ | ۰,۰۰ | ۰,۴۹ | ۰,۹۹ | NCEP  |             |     |
| ۰,۰۰ | ۰,۹۹ | ۰,۳۷ | ۰,۶۶ | UKMO  |             |     |
| ۰,۰۰ | ۰,۰۰ | ۰,۰۰ | ۰,۹۹ | ECMWF | ۴۵ میلی متر |     |
| ۰,۰۰ | ۰,۰۰ | ۰,۹۹ | ۰,۰۰ | NCEP  |             |     |
| ۰,۰۰ | ۰,۹۹ | ۰,۰۰ | ۰,۰۰ | UKMO  |             |     |

براساس جدول ۵، مدل ECMWF عملکرد بهتری داشته است و مقادیر صفر جدول نشان‌دهنده این است که در حد آستانه موردنظر بارشی پیش‌بینی نشده است و مدل‌های عددی در پیش‌بینی بارش‌های سیل‌زا در حد آستانه‌های بالاتر عملکرد مناسبی ندارند.



جدول ۶- تعداد وقایع مشاهداتی و پیش‌بینی مدل‌ها در حد‌آستانه‌های متفاوت

| نام ایستگاه   | حد آستانه‌ها (mm)  | تعداد وقایع مشاهداتی | تعداد پیش‌بینی ECMWF | تعداد پیش‌بینی NCEP | تعداد پیش‌بینی UKMO |
|---------------|--------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| آمل           | بیش از ۱۵ میلی‌متر | ۱۰۴                  | ۷۹                   | ۳۸                  | ۳۵                  |
|               | بیش از ۲۵ میلی‌متر | ۳۷                   | ۲۳                   | ۷                   | ۸                   |
|               | بیش از ۳۵ میلی‌متر | ۱۸                   | ۱۱                   | ۱                   | ۳                   |
|               | بیش از ۴۵ میلی‌متر | ۹                    | ۲                    | ۰                   | ۰                   |
| آستارا        | بیش از ۱۵ میلی‌متر | ۲۰۷                  | ۱۴۹                  | ۱۰۴                 | ۱۱۶                 |
|               | بیش از ۲۵ میلی‌متر | ۱۲۱                  | ۴۸                   | ۲۸                  | ۳۳                  |
|               | بیش از ۳۵ میلی‌متر | ۶۵                   | ۱۳                   | ۵                   | ۸                   |
|               | بیش از ۴۵ میلی‌متر | ۴۶                   | ۲                    | ۱                   | ۰                   |
| بندر امیرآباد | بیش از ۱۵ میلی‌متر | ۹۱                   | ۵۰                   | ۱۲                  | ۵۲                  |
|               | بیش از ۲۵ میلی‌متر | ۴۱                   | ۱۳                   | ۲                   | ۱۴                  |
|               | بیش از ۳۵ میلی‌متر | ۲۶                   | ۴                    | ۱                   | ۲                   |
|               | بیش از ۴۵ میلی‌متر | ۱۸                   | ۱                    | ۰                   | ۱                   |
| لاهیجان       | بیش از ۱۵ میلی‌متر | ۲۱۵                  | ۱۳۶                  | ۹۲                  | ۹۸                  |
|               | بیش از ۲۵ میلی‌متر | ۱۴۰                  | ۴۵                   | ۲۵                  | ۲۷                  |
|               | بیش از ۳۵ میلی‌متر | ۸۴                   | ۸                    | ۴                   | ۴                   |
|               | بیش از ۴۵ میلی‌متر | ۴۸                   | ۰                    | ۰                   | ۰                   |

با توجه به جدول ۶، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مدل‌ها در حد‌آستانه‌های پایین‌تر مانند ۱۵ و ۲۵ میلی‌متر، توانسته‌اند بارش را با عملکرد قوی‌تری پیش‌بینی کنند؛ اما با بیشتر شدن مقادیر حد آستانه‌ها، دقت مدل‌ها به مرور کمتر شده و نتوانستند بارش را به درستی پیش‌بینی کنند. در بین ۳ مدل ارزیابی شده، مدل ECMWF عملکرد بهتری دارد و توانسته است تعداد پیش‌بینی‌های نزدیک‌تری را نسبت به سایر مدل‌ها ارائه دهد.





#### ۴. نتیجه‌گیری

در این تحقیق عملکرد مدل‌های گروهی پیش‌بینی عددی بارش از پایگاه داده TIGGE برای بارش‌های بیشتر از ۱۵ میلی‌متر در چهار ایستگاه سینوپتیکی آمل، بندر امیرآباد، لاهیجان و آستارا در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷ بررسی شد و ارزیابی در دو نوع قطعی و دوبخشی با شش معیار انجام شد. در بررسی میانگین بارش‌های این چهار ایستگاه مدل ECMWF عملکرد بهتری داشته؛ اگرچه همه مدل‌ها دست‌پایین پیش‌بینی کرده‌اند. با توجه به نتایج به دست آمده در بخش ارزیابی‌های قطعی، خطای جذر میانگین مربعات یا RMSE برای مدل ECMWF نسبت به سایر مدل‌ها دارای خطای کمتری بوده و در بخش ضریب همبستگی پیرسون نیز مجدداً مدل ECMWF عملکرد مناسب‌تری را نسبت به دو مدل دیگر داشته است. به‌طورکلی با توجه به ارزیابی و نتایج دو شاخص ذکر شده، مدل ECMWF نسبت به دو مدل NCEP و UKMO برتری دارد و مدل پیش‌بینی NCEP ضعیف‌ترین نتایج را داشته است. در ارزیابی‌های دوبخشی، به‌طورکلی مدل پیش‌بینی ECMWF نسبت به سایر مدل‌ها، نتایج منطقی‌تری را ارائه داده و توانسته وقایع بیشتری و با کیفیت بهتری را نسبت به سایر مدل‌ها تشخیص بدهد. با توجه به نتایج ارائه شده مدل ECMWF، برای بارش‌های بیشتر از ۴۵ میلی‌متر مدل‌های عددی عملکرد خوبی نداشتند. توصیه می‌شود برای بهبود پیش‌بینی‌های عددی بارش و برای به دست آوردن نتایج دقیق‌تر از تصحیح خطای آریبی<sup>۱</sup> استفاده شود.

#### ۵. مراجع

1. J.M., Hidalgo-Muñoz, D., Argüeso, S.R., Gámiz-Fortis, M.J., Esteban-Parra, and Y., Castro-Díez, (2011). Trends of extreme precipitation and associated synoptic patterns over the southern Iberian Peninsula. Journal of Hydrology, 409:497-511.
2. Richard Swinbank, (2013). The TIGGE experience, THORPEX: A World Weather Research Programme. S2S project planning group meeting, Exeter, February 2013.

<sup>1</sup> Bias Correction



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

3. He, Y., Wetterhall, F., Bao, H., Cloke, H., Li, Z., Pappenberger, F., ... & Huang, Y. (2010). Ensemble forecasting using TIGGE for the July–September 2008 floods in the Upper Huai catchment: a case study. *Atmospheric Science Letters*, 11 (2), 132–138
4. Louvet, S., Sultan, B., Janicot, S., Kamsu–Tamo, P. H., & Ndiaye, O. (2015). Evaluation of TIGGE precipitation forecasts over West Africa at intra seasonal timescale. *Climate Dynamics*, 1 – 17.
5. Su, X., Yuan, H., Zhu, Y., Luo, Y., & Wang, Y. (2014). Evaluation of TIGGE ensemble predictions of Northern Hemisphere summer precipitation during 2008–2012. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119(12), 7292–7310.
6. Aminyavari, S., B. Saghafian, and M. Delavar, 2018: Evaluation of TIGGE ensemble forecasts of precipitation in distinct climate regions in Iran. *Advances in Atmospheric Sciences*, 35 (4), 000–000.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



مؤسسه تحقیقات آب



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir





HN-00760139

## شاخص‌های تاب‌آوری در برابر سیلاب‌های شهری در تهران

الناز موسوی<sup>۱</sup>، یوسف سعادت‌مند<sup>۲</sup>\*

۱- کارشناس ارشد مهندسی عمران- آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه آزاد واحد تهران مرکزی.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران- آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه آزاد واحد تهران مرکزی.

### چکیده:

امروزه افزایش تاب‌آوری نسبت به سیلاب به حوزه‌ای مهم و گسترده در زمینه‌ی مدیریت ریسک سیلاب تبدیل شده است، مدیران و سیاست‌گذاران شهری دائماً در حال تلاش برای ارتقای تاب‌آوری در شهرها هستند. تاب‌آوری سیستم‌های شهری در برابر سیلاب، به عنوان مقاومت این سیستم‌ها در برابر آسیب‌های وارده از جانب سیل و توانایی آن‌ها برای بهبود و بازگشت به شرایط نرمال پس از وقوع سیلاب تعریف شده است. در تحقیق حاضر تلاش برای عملی کردن مفهوم تاب‌آوری در زمینه‌های اجتماعی، اقتصادی، زیرساختی، سازمانی و هیدرولیکی، شاخص‌هایی برای آن تعیین شده‌اند؛ در تمامی زمینه‌های ذکر شده، به کمک این شاخص‌ها، تاب‌آوری شهری در برابر سیلاب اندازه‌گیری شده است؛ این تحقیق، مناطق ۲۲ گانه‌ی تهران را هدف قرار داده است و به بررسی تاب‌آوری در آن‌ها پرداخته، در نهایت مناطقی که تاب‌آوری خوبی از خود نشان داده‌اند و همین‌طور مناطقی که از لحاظ تاب‌آوری در وضعیتی بحرانی قرار دارند، معرفی شده‌اند؛ با انجام آنالیز حساسیت، معیارهایی که بیشترین تأثیر را در تاب‌آوری مناطق داشته‌اند، شناسایی شده‌اند؛ با شناسایی این معیارها روش‌هایی برای ارتقای تاب‌آوری در مناطق مختلف ارائه شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که منطقه‌ی ۵ بیشترین تاب‌آوری و منطقه‌ی ۱۰ کمترین تاب‌آوری را در میان مناطق داشته‌اند و معیار پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران، بیشترین تأثیر را در تاب‌آوری مناطق داشته است که نشان می‌دهد به وسیله‌ی احداث پایگاه‌های بیشتر، می‌توان تاب‌آوری مناطق را افزایش داد.

کلمات کلیدی: تاب‌آوری، مقاومت، سیلاب، مدیریت ریسک سیلاب.





## مقدمه

با مروری بر ادبیات موضوعی پیشین تعاریف متفاوتی برای تاب‌آوری ارائه شده است که برخی از آن‌ها مطابق مقابل است:

به ظرفیت برآمدن از عهده‌ی خطرات غیرمترقبه پس از بروزشان، تاب‌آوری گفته می‌شود؛ یادگیری ترمیم و بازیابی. تاب‌آوری، ظرفیت اضافی یا توانایی یک سیستم برای هضم اختلال است یا میزان اختلالی است که یک سیستم قبل از اینکه ساختار سیستم به وسیله‌ی تغییر دادن متغیرها تغییر کند، می‌تواند هضم کند. تاب‌آوری، توانایی یک شخص یا سازمان برای طراحی سریع و حرکات مثبت انطباقی کاربردی هماهنگ شده با وضعیت اضطراری است، به گونه‌ای که فشار کمی را متحمل شود. با توجه به معانی بالا، تاب‌آوری محلی بدین معنی است که یک منطقه، بدون متحمل شدن آسیب ویرانگر، خرابی، کم شدن بهره‌وری یا کیفیت زندگی و بدون گرفتن کمک زیاد از طرف جوامع خارجی، قادر به پایداری در برابر یک حادثه‌ی طبیعی بسیار بزرگ باشد. ظرفیت سازگار کردن منابع و مهارت‌های موجود برای سیستم‌های جدید و شرایط عملیاتی. توانایی پاسخگویی به حوادث خارق‌العاده یا منحصربه‌فرد. ظرفیت جوامع یا اکوسیستم‌های آسیب‌دیده برای هضم آثار منفی و ترمیم آن‌ها. توانایی یک عامل برای برآمدن از عهده‌ی فشار یک خطر یا سازگار شدن با آن. ظرفیت یک سیستم، جامعه یا اجتماع در معرض خطرات برای سازگار شدن، مقاومت کردن یا تغییر دادن برای رسیدن به سطح قابل قبولی از عملیات و ساختار و ادامه‌ی آن. این موضوع به وسیله‌ی درجه‌ای که سیستم اجتماعی قادر به سازماندهی و افزایش ظرفیت، آموختن از بلایای گذشته و بهبود ارزیابی‌های کاهش امکان خطر خودش است، تعیین می‌شود (بدری، ۱۳۹۲، ۴۱). [۱]. مفاهیم جذب و ترمیم که به نوعی می‌توان آن را بازیابی در نظر گرفت، در مقالات دیگر نیز به کار رفته‌اند، میلیتی<sup>۱</sup> (۱۹۹۹) پیشنهاد می‌کند که تاب‌آوری، توانایی یک جامعه برای بهبود با استفاده از منابع خود آن جامعه است. همچنین نوریس<sup>۲</sup> (۲۰۰۸) بر روی تاب‌آوری اجتماعی تأکید کرده و آن را به عنوان پروسه‌ای نشان می‌دهد که ظرفیت‌های انطباقی بیشماری را (مانند سرمایه‌ی اجتماعی و توسعه‌ی اقتصادی) به واکنش‌ها و تغییرات پس از عوارض جانبی



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سواحل طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

<sup>1</sup> Miletto

<sup>2</sup> Norris



مربوط می‌سازد. در این حوزه، برخی تاب‌آوری را به عنوان مجموعه‌ای از ظرفیت‌ها فرض می‌کنند که می‌تواند از طریق مداخلات و سیاست‌ها رشد کند و به ساختن و ارتقای توانایی جامعه برای پاسخ داده به فجایع و بهبود از آن‌ها کمک کند (بدری و دیگران، ۱۳۹۲، ۴۱) [1].

### معیارهای ترکیبی برای تاب‌آوری در برابر فجایع

معیار، مبنای سنجش برای تشخیص و انتخاب است. کمک گرفتن از معیارها ممکن است اثرات یا اثر آبی، کوتاه مدت و یا بلندمدت داشته باشند. با به کارگیری معیار در هر لحظه می‌توان مزایا و معایب را مقایسه کرد و شرایط مطلوب را بازشناخت و به وجود آورد. شاخص، یک معیار کمی یا کیفی نشأت گرفته از واقعیات مشاهده شده است که حقیقت یک موقعیت پیچیده را ساده کرده و امکان برقراری ارتباط با آن را فراهم می‌سازند (Freudenberg, 2003, 122) [2]. به طور کلی کلمه‌ی شاخص، کمیتی است که نماینده چند متغیر همگن می‌باشد و وسیله‌ای برای اندازه‌گیری و مقایسه پدیده‌هایی است که دارای ماهیت و خاصیت مشخصی هستند که بر مبنای آن می‌توان، تغییرات ایجاد شده در متغیرهای معینی را در طول یک دوره، بررسی نمود. روش اندازه‌گیری هر شاخص، منحصر به همان شاخص است و نمی‌توان رقم فعلی یک شاخص را با شاخصی دیگر مقایسه کرد؛ بنابراین برای مقایسه دو شاخص مختلف بهتر است درصد تغییرات شاخص‌ها را باهم مقایسه کرد. شاخص‌ها موقعیت نسبی پدیده‌ای را که در حال اندازه‌گیری شدن است، بازگو کرده و وقتی که در طول زمان ارزیابی شوند، می‌توانند شدت تغییرات را نشان دهند (کوچک یا بزرگ)، همان‌طور که می‌توانند جهت تغییر را تعیین کنند (بالا یا پایین؛ کاهشی یا افزایشی). از ویژگی‌های کلی که شاخص‌ها باید دارا باشند، می‌توان به موزون بودن، جامع بودن و در دسترس بودن اشاره کرد. شاخص ترکیبی، ترکیب ریاضی متغیرهای منحصر به فرد یا مجموعه‌های موضوعی از متغیرهایی است که ابعاد مختلف یک مفهوم را که به وسیله‌ی یک شاخص منحصر به فرد به تنهایی نمی‌تواند کاملاً توصیف شود، معرفی می‌کند (Nardo & Etal, 2008, 183-185) [3]. شاخص‌های ترکیبی به طور فزاینده‌ای به عنوان ابزارهای سودمند برای سیاست‌گذاری و ارتباطات عمومی به رسمت شناخته شده‌اند، به این دلیل که اطلاعاتی را انتقال می‌دهند که می‌تواند به عنوان معیارهای اجرایی مورد استفاده قرار گیرد. رویکردهای زیادی برای اندازه‌گیری



شاخص‌های ترکیبی در هر دو مقیاس جهانی و یا مقیاس‌های منطقه‌ای ظهور کرده است. تمرکز بسیاری از این رویکردها، فجایع محیطی و بلایای طبیعی جامعه است زیرا برای اندازه‌گیری آسیب‌پذیری جامعه نسبت به تغییرات اجتماعی و یا محیطی توسعه داده شده‌اند. در این میان، معیارهایی برای ارزیابی قابلیت مناطق کوچک برای تغییر در رویداد فجایی مانند سیلاب ایجاد شده‌اند و شاخص‌هایی برای اندازه‌گیری مقاومت و تاب‌آوری در برابر سیلاب طراحی شده‌اند. اخیراً، شاخص‌های ترکیبی برای تعیین تاب‌آوری فیزیکی و اجتماعی مناطق، در زمان وقوع سیلاب و با در نظر گرفتن آثار پس‌از آن، مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Cutter & et al, 2010, 2-3) [4].

### منطقه مورد مطالعه

تهران بزرگ‌ترین شهر و پایتخت ایران، مرکز استان تهران و شهرستان تهران با جمعیت ۸'۲۴۴'۵۳۵ نفر و مساحت ۷۳۰ کیلومتر مربع است؛ بیست و پنجمین شهر پرجمعیت و بیست و هفتمین شهر بزرگ جهان به شمار می‌آید. در شمال کشور و جنوب دامنه‌ی رشته‌کوه البرز در ۱۱۲ کیلومتری جنوب دریای خزر واقع شده است. تهران در حد فاصل منطقه کوهستانی و دشت قرار دارد. سه عامل در اقلیم تهران نقش مؤثری دارد. رشته‌کوه البرز، بادهای مرطوب غربی و وسعت استان. در واقع رشته‌کوه البرز آب‌وهوای تهران را معتدل کرده است. در شمال تهران، آب‌وهوا معتدل و کوهستانی و در نقاط کم ارتفاع نیمه خشک است. بارش معمولاً در زمستان زیاد است. فصل سرد از ماه آذر شروع می‌شود، اما در نقاط کوهستانی کمی زودتر آغاز می‌گردد. فصول سرد سه یا چهار ماه طول می‌کشد. تهران به ۲۲ منطقه، ۱۳۴ ناحیه (شامل ری و تجریش) و ۳۷۰ محله تقسیم شده است. شهر تهران، به طور پیوسته در معرض خطر سیل قرار دارد. از دلایل اصلی این موضوع، می‌توان اختلاف ارتفاع زیاد، شرایط اقلیمی خاص، وجود رودخانه‌های فراوان مانند رود کرج، رود دربند، رود چیتگر و مسیل‌های متعدد و قرار گرفتن شهر تهران در پای کوه را نام برد. همچنین در شهر تهران، ۱۲۲ حوزه آبریز بالادست مسلط بر آب و ۱۴ کیلومتر نوار مولد سیل از دارآباد تا غرب دره فرحزاد وجود دارد. شهرداری تهران برای تأمین نیازمندی‌ها و اداره بهتر سطح شهر را به ۲۲ منطقه شهرداری و ۱۲۳ ناحیه بخش کرده که شهرری و تجریش را نیز شامل شده است. (خیرطال و دیگران، ۱۳۹۲، ۸۰-۸۱) [5].



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

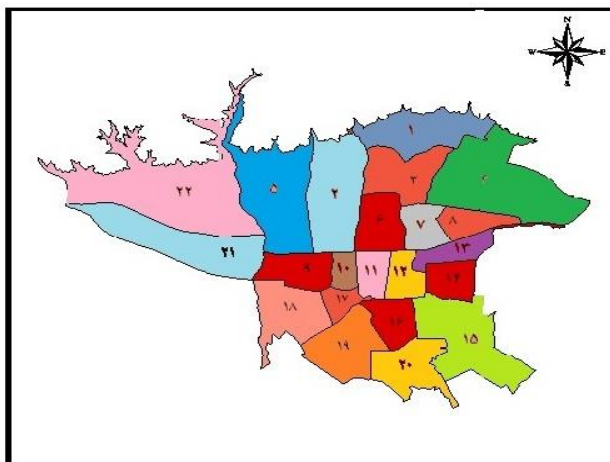
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



نقشه ۱: محدوده‌ی مکانی تحقیق - مناطق ۲۲ گانه تهران

## داده‌ها و روش‌ها

روش تحقیق حاضر از نوع تحلیلی- توصیفی بوده و سپس یک مطالعه‌ی موردی انجام خواهد شد. آنالیز اطلاعات با نرم‌افزار ArcGIS انجام شده است. ابتدا با بررسی ادبیات موضوعی در جهان شاخص‌هایی برای اندازه‌گیری تاب‌آوری استخراج شده است. برخی از شاخص‌ها با توجه به مناسب نبودن برای اقلیم مورد بررسی یا نبودن اطلاعات برای محاسبه حذف شده و برخی دیگر نیز معرفی شده‌اند، در ادامه پس از جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز برای محاسبه‌ی معیارهای تاب‌آوری، این معیارها محاسبه شده و با توجه به فرمول شماره (۱) استانداردسازی شده‌اند.

$$\frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1)$$

سپس این معیارها با توجه به اهمیتشان به روش AHP با تهیه‌ی پرسشنامه‌ی متناسب با این روش وزن دهی شده و در نهایت عدد نهایی تاب‌آوری به دست آمده است. در نهایت معیارهای تأثیرگذار بر تاب‌آوری هر منطقه به وسیله‌ی آنالیز حساسیت که به وسیله‌ی Pivot table در نرم‌افزار Excel انجام شده است شناسایی شده‌اند. بانک اطلاعاتی برای داده‌های مورد نیاز برای



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

محاسبه‌ی شاخص‌های در نظر گرفته شده برای تاب‌آوری، شامل بانک اطلاعاتی مرکز آمار ایران، سایت شهرداری‌های مناطق ۲۲ گانه‌ی تهران، سایت نقشه‌ی تهران، سایت سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، سایت آتش‌نشانی بوده است، آمار برگرفته از مرکز آمار ایران مربوط به سرشماری نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۰ می‌باشد. داده‌های مربوط به شاخص‌های هیدرولیکی با همکاری بخش آب‌های سطحی شهرداری تهران به دست آمده است.

### چارچوب نظری برای اندازه‌گیری تاب‌آوری در برابر فجایع

یک گام حیاتی در ایجاد شاخص‌های ترکیبی، شناسایی شاخص‌هایی است که مربوط، قوی و نمایانگر باشند، زیرا قدرت شاخص‌ها و اعتبار آن‌ها بستگی به این ویژگی‌ها دارد. معیارها برای تضمین کیفیت شاخص‌ها بسیار در میان ادبیات موضوعی درباره‌ی شاخص‌ها، گسترده است. تا به امروز، هیچ مجموعه‌ای تکی از شاخص‌ها یا چهارچوب‌ها برای اندازه‌گیری تاب‌آوری در برابر سیلاب، ارائه نشده است. اگرچه در میان جامعه‌ی پژوهشی توافقی وجود دارد که تاب‌آوری یک مفهوم چندوجهی است که شامل عناصر اجتماعی، اقتصادی، نهادی، زیرساختی، اکولوژیکی و ارتباطی است. براساس این یافته‌ها، تحقیق حاضر شامل این زمینه‌ها می‌شود که قبلاً برای اهداف مقایسه‌ای و تحلیلی تعریف شده‌اند. از آنجایی که اغلب دشوار است که تاب‌آوری را به طور مطلق اندازه‌گیری کرد، از یک رویکرد مقایسه‌ای استفاده کرده و متغیرها، به عنوان نمایندگانی برای تاب‌آوری بکار رفته‌اند. برای انتخاب متغیر دو ملاحظه وجود داشت: (۱) توجیه براساس مقالات موجود درباره‌ی ارتباط آن به تاب‌آوری؛ و (۲) دسترسی به داده‌های کمی و کیفی محکم. در این مرحله بسیاری از شاخص‌های استخراج شده با توجه به کمبود اطلاعات مرتبط حذف شدند. سپس تمام داده‌های خام با استفاده از توابع درصدگیری، سرانه‌گیری، تراکم‌گیری به مقیاس‌های قابل مقایسه، تبدیل شدند. این شکل‌های استانداردسازی برای جلوگیری از مشکلات ذاتی واحدها، محدوده‌ها و مقیاس‌های آماری، ضروری بود. پس از حذف برخی از شاخص‌ها به دلیل عدم وجود منابع اطلاعاتی و یا سازگار یا کاربردی نبودن آن شاخص برای شهر تهران به عنوان منطقه‌ی مطالعه‌ی موردی، به پنج زمینه برای بررسی تاب‌آوری می‌رسیم. زمینه‌های اجتماعی،



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

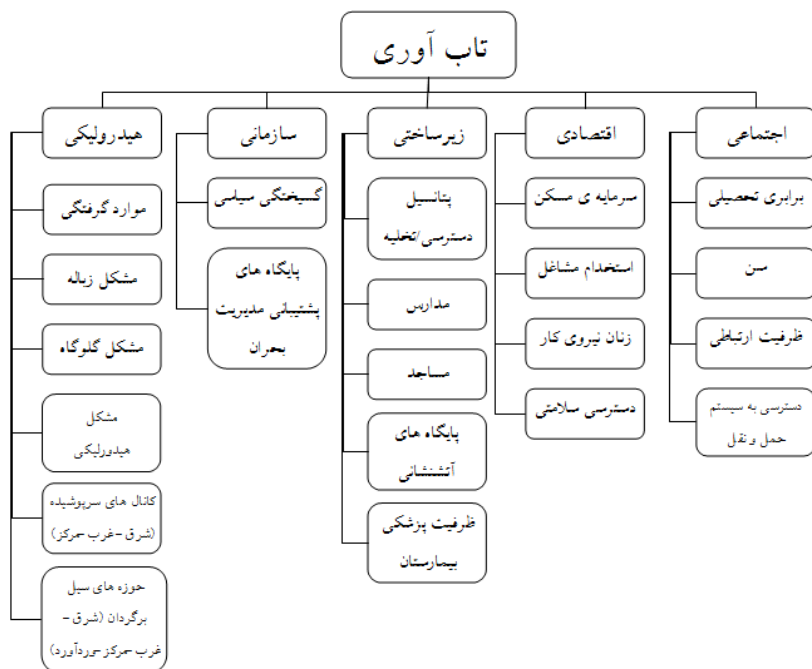
سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران

info@ifmc.ir

www.ifmc.ir



اقتصادی، زیرساختی، سازمانی و هیدرولیکی که هرکدام شاخص‌های مربوط به خود را در بر می‌گیرند.



شکل ۱: معیارهای تاب‌آوری

جمع‌آوری داده و وزن دهی

تعیین ضرایب به روش AHP<sup>۱</sup>

یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی که اولین بار توسط توماس ال ساعتی<sup>۲</sup> در ۱۹۸۰ مطرح شد؛ که بر اساس مقایسه‌های زوجی بنا نهاده شده و امکان

<sup>۱</sup> Analytical Hierarchy process

<sup>۲</sup> Thomas L. Saaty





بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد. برای به دست آوردن تاب‌آوری نهایی هر منطقه در هر زیرمجموعه (اجتماعی، اقتصادی، زیرساختی، سازمانی، هیدرولیکی)، اعداد محاسبه شده برای هر معیار را با فرمول مذکور استاندارد کرده و جمع جبری انجام داده‌ایم. در این مرحله یک پرسشنامه به روش AHP تهیه نموده‌ایم تا ضریب معیارها مشخص شود، این پرسش‌نامه توسط یک کارشناس آب و سازه‌های هیدرولیکی تکمیل شده است. برای جمع اعداد معیارها در یک مرحله آن‌ها را بدون اعمال ضریب با یکدیگر جمع بسته‌ایم و نتایج را ضبط کرده‌ایم؛ و در مرحله بعدی ضرایب منتج از پرسش‌نامه AHP را در هر یک از معیارها اعمال نموده و نتایج را با یکدیگر مقایسه کرده‌ایم. پرسش‌نامه به گونه‌ای طراحی شده است که برای هر زیرمجموعه نیز در مقایسه با دیگر زیرمجموعه‌ها ضریبی معین شده است. پس از به دست آوردن اعداد تاب‌آوری برای هر زیرمجموعه برای به دست آوردن عدد نهایی تاب‌آوری برای هر منطقه، اعداد هر زیرمجموعه را یک بار با اعمال ضرایب و بار دیگر با ضرایب یکسان با یکدیگر جمع کرده و نتایج را مقایسه نموده‌ایم. نمودار و نقشه‌های حاصل در ادامه ارائه شده‌اند.

جدول ۱: ضرایب به دست آمده از روش AHP برای معیارهای تاب‌آوری

| تاب‌آوری                   |                            |                                      |                               |                           |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| اجتماعی<br>A=0.1678        | اقتصادی<br>B=0.1395        | زیرساختی<br>C=0.1831                 | سازمانی<br>D=0.3324           | هیدرولیکی<br>E=0.1772     |
| برابری تحصیلی<br>A1=0.0883 | سرمایه‌ی مسکن<br>B1=0.2425 | مدارس<br>C1=0.0416                   | گسیختگی<br>سیاسی<br>D1=0.1667 | موارد گرفتگی<br>E1=0.0629 |
|                            |                            | مساجد<br>C2=0.036                    |                               | مشکل زباله<br>E2=0.4527   |
| سن<br>A2=0.267             | استخدام مشاغل<br>B2=0.045  | پایگاه‌های<br>آتش‌نشانی<br>C3=0.1735 |                               | مشکل گلوگه<br>E3=0.128    |
| ظرفیت ارتباطی<br>A3=0.614  | دسترسی سلامتی<br>B3=0.5746 |                                      |                               | مشکل هیدرولیکی<br>E4=0.06 |

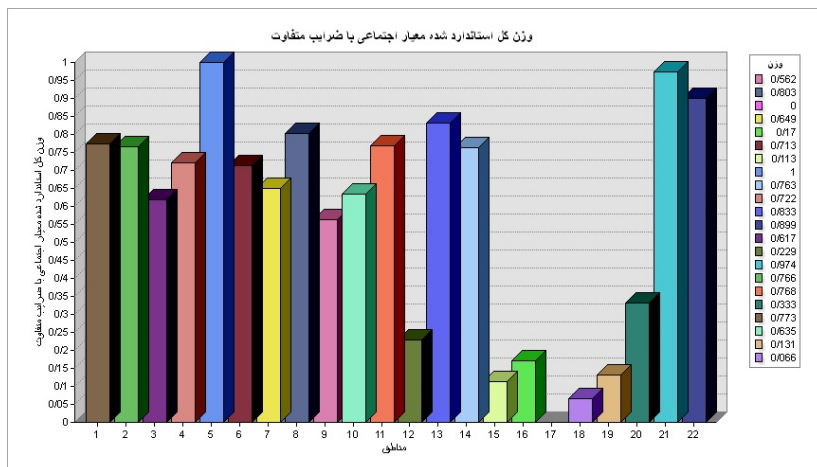




|                                                                |                                          |                               |                                                |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------|
| پایگاهی<br>پشتیبانی<br>مدیریت بحران<br>$D2=0.8334$             | ظرفیت پزشکی<br>بیمارستان<br>$C4=0.1951$  |                               |                                                |
| کانال‌های سرپوشیده<br>(غرب-شرق)<br>$E5=0.13$<br>مرکز           | پتانسیل<br>دسترسی / تخلیه<br>$C5=0.5536$ | زنان نیروی کار<br>$B4=0.1378$ | دستیابی به<br>سیستم<br>حمل و نقل<br>$A4=0.034$ |
| حوزه‌های سیل برگردان<br>(غرب-شرق-مرکز)<br>$E6=0.13$<br>وردآورد |                                          |                               |                                                |

## نتایج

نقشه‌های تهیه شده برای تاب‌آوری مناطق، دارای پنج محدوده‌ی تاب‌آوری می‌باشند که با پنج رنگ مشخص شده است. رنگ سبز نشان‌دهنده‌ی تاب‌آوری بسیار خوب، رنگ آبی نشان‌دهنده مناطق با تاب‌آوری نسبتاً خوب، رنگ زرد نشان‌دهنده‌ی مناطق با تاب‌آوری متوسط، رنگ نارنجی نشان‌دهنده‌ی تاب‌آوری نسبتاً ضعیف و رنگ قرمز نشان‌دهنده‌ی تاب‌آوری بسیار ضعیف است.



نمودار ۱: تاب‌آوری مناطق ۲۲ گانه‌ی تهران بر اساس معیارهای اجتماعی

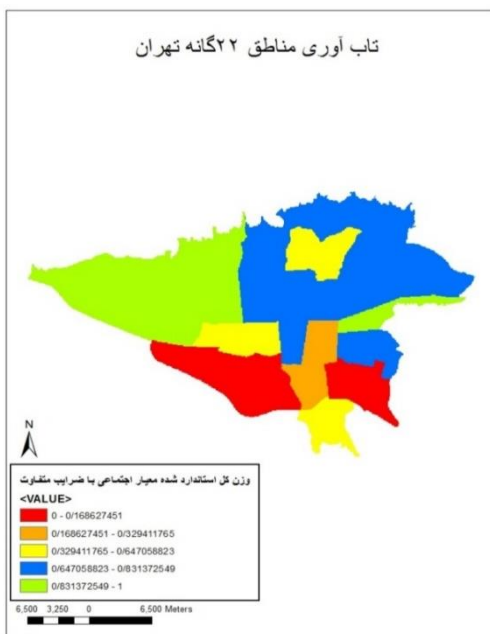


با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

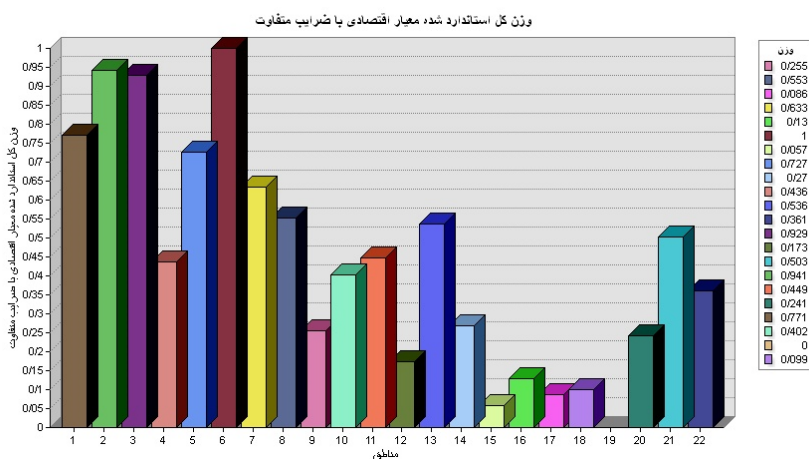
# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



نقشه ۲: تاب‌آوری مناطق ۲۲ گانه تهران براساس معیارهای اجتماعی



نمودار ۲: تاب‌آوری مناطق ۲۲ گانه تهران براساس معیارهای اقتصادی با ضرایب متفاوت



سازمان همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir ♦ info@ifmc.ir



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



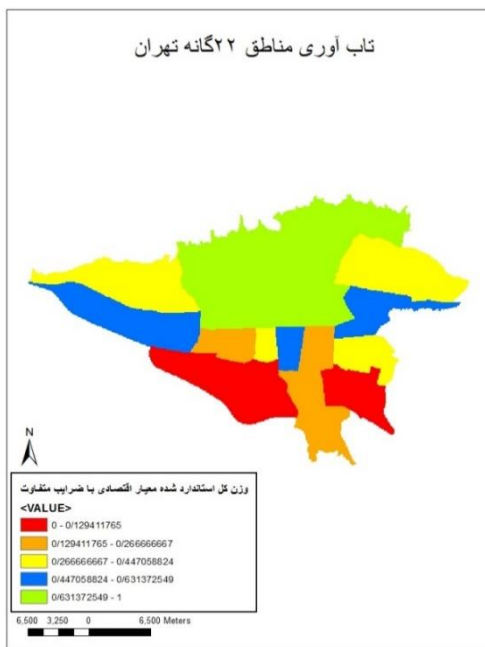
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی

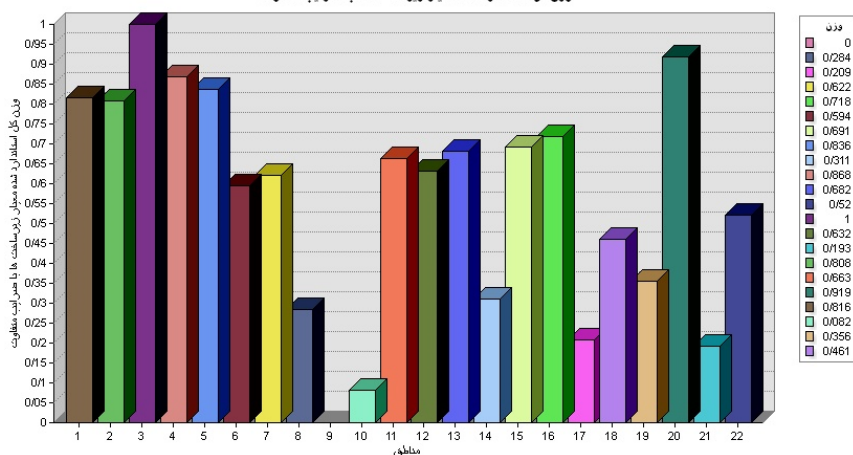


شرکت مدیریت منابع آب ایران



### نقشه ۳: تاب‌آوری مناطق ۲۲ گانه تهران براساس معیارهای اقتصادی

وزن کل استاندارد شده معیار زیرساخت‌ها با ضرایب متفاوت



### نمودار ۳: تاب‌آوری مناطق ۲۲ گانه تهران براساس معیارهای زیرساختی

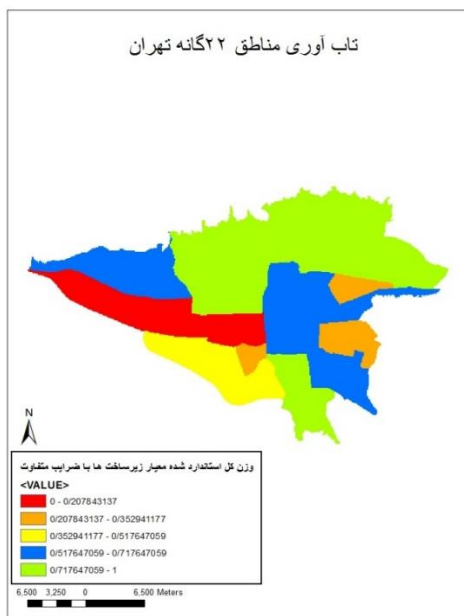


با رویکرد پیش بینی و اطلاع رسانی

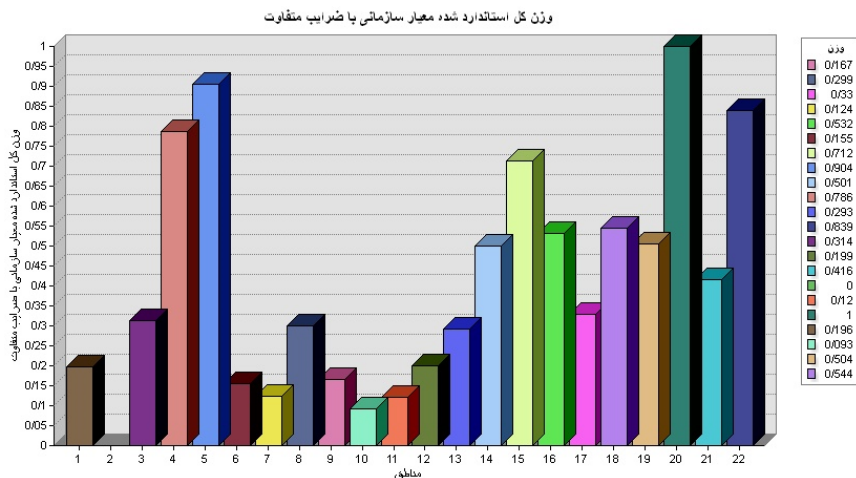
# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



نقشه ۴: تاب آوری مناطق ۲۲ گانه تهران بر اساس معیارهای اقتصادی



نمودار ۴: تاب آوری مناطق ۲۲ گانه تهران بر اساس معیارهای سازمانی



سازمان همایش های راه آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir ♦ info@ifmc.ir



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



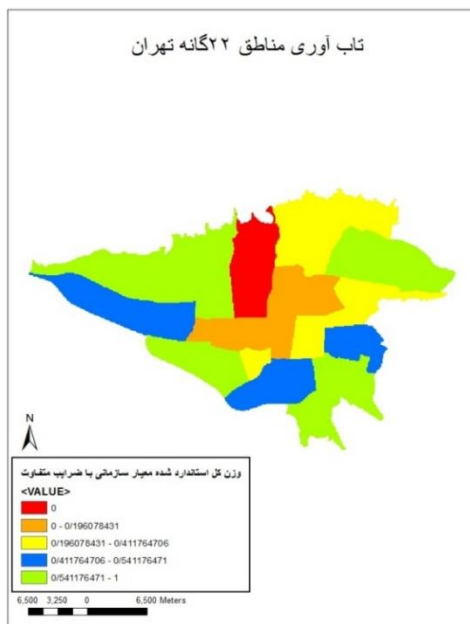
موسسه تحقیقات آب



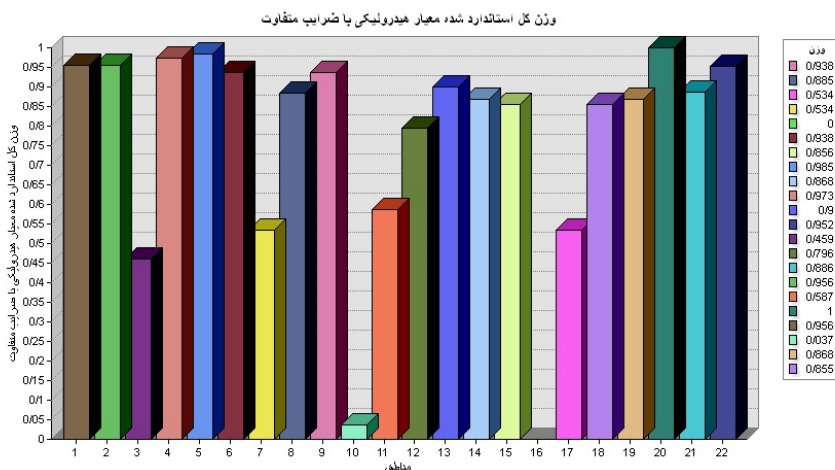
پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



نقشه ۵: تاب‌آوری مناطق ۲۲ گانه تهران براساس معیارهای سازمانی



نمودار ۵: تاب‌آوری مناطق ۲۲ گانه تهران براساس معیارهای هیدرولیکی

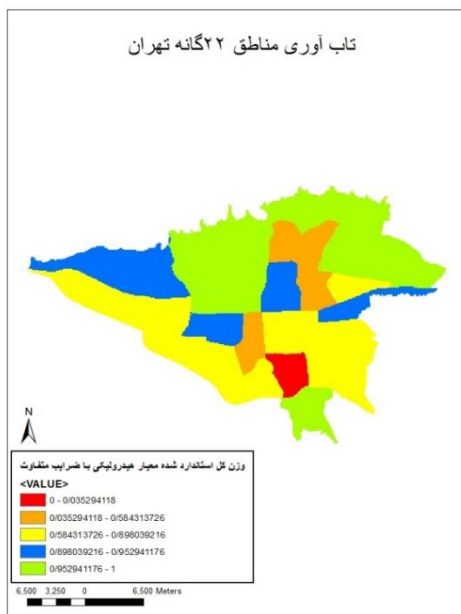


با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

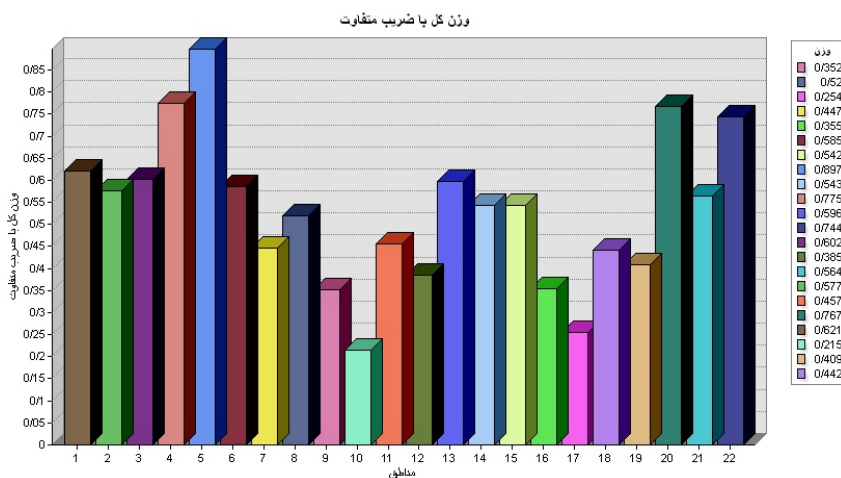
# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



نقشه ۶: تاب‌آوری مناطق ۲۲ گانه تهران بر اساس معیارهای هیدرولیکی



نمودار ۶: تاب‌آوری نهایی مناطق ۲۲ گانه تهران



سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir ♦ info@ifmc.ir





وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



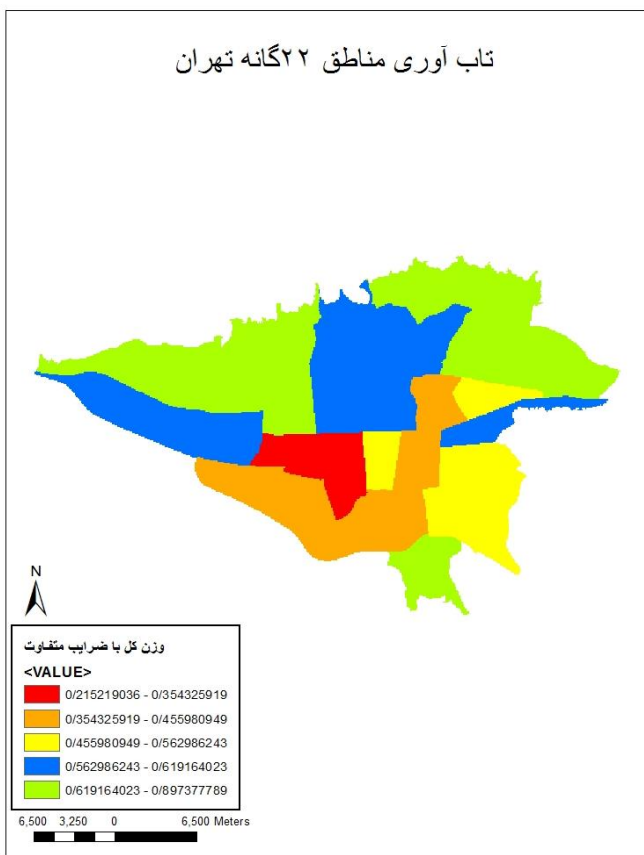
وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



نقشه ۷: تاب آوری نهایی مناطق ۲۲ گانه تهران با ضرایب متفاوت

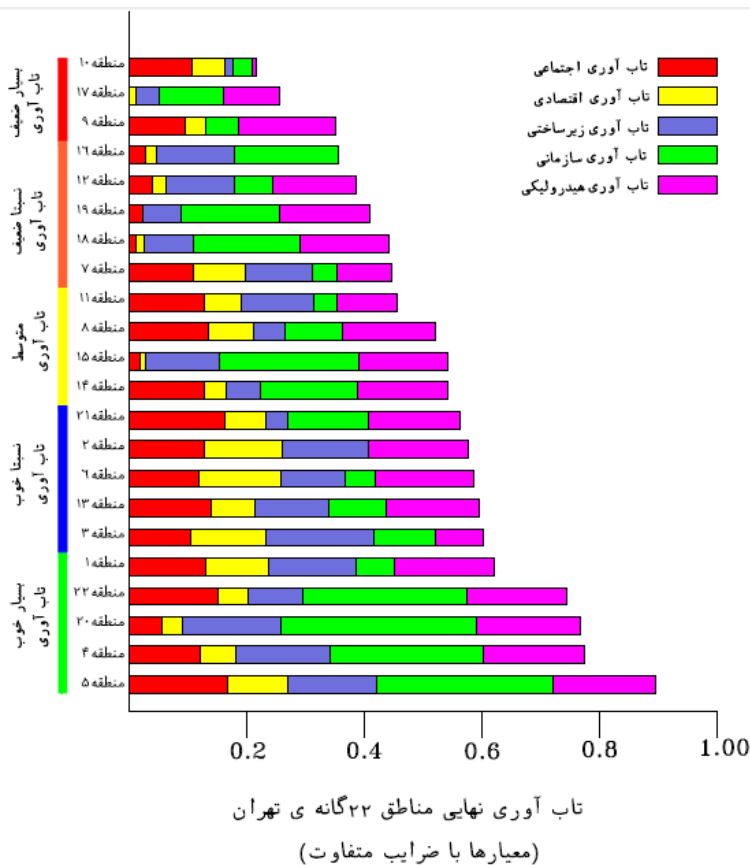


با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



نمودار ۷: تاب‌آوری نهایی مناطق ۲۲ گانه تهران به تفکیک زیرمجموعه‌های تاب‌آوری

### تاب‌آوری نهایی

با در دست داشتن تاب‌آوری اجتماعی، اقتصادی، زیرساختی، سازمانی و هیدرولیکی می‌توان تاب‌آوری کلی مناطق مختلف تهران را بررسی کرد. مطابق با نقشه‌های به دست آمده برای تاب‌آوری نهایی مناطق شهر تهران، مناطق ۲۲، ۲۰، ۵، ۴، ۱ بیشترین تاب‌آوری را در میان دیگر مناطق نشان داده‌اند و تاب‌آوری در محدوده‌ی بسیار خوب (رنگ سبز) ارزیابی شده است. مناطق ۲۱، ۱۳، ۶، ۳، ۲ تاب‌آوری خوبی (رنگ آبی) را به دست آورده‌اند و در جایگاه دوم قرار می‌گیرند،





مناطق ۸، ۱۱، ۱۴، ۱۵ در محدوده‌ی تاب‌آوری متوسط (رنگ زرد) هستند، از اینجا به بعد می‌توان ملاحظه کرد که تاب‌آوری مناطق به محدوده‌ی بحرانی نزدیک می‌شود و تاب‌آوری مناطق ۷، ۱۲، ۱۶، ۱۸، ۱۹ نسبتاً ضعیف است، مناطقی که وضعیت تاب‌آوری آن‌ها بسیار بحرانی ارزیابی شده است، مناطق ۹، ۱۰ و ۱۷ می‌باشند، در اعمال ضرایب برای تعیین اهمیت زیرمجموعه‌های تاب‌آوری، این ضرایب به گونه‌ای در نظر گرفته شده‌اند که زیرمجموعه‌های سازمانی، زیرساختی، هیدرولیکی، اجتماعی و اقتصادی به ترتیب بیشترین تأثیر را دارند، با اعمال این ضرایب تنها منطقه‌ای که تغییر محسوس از خود نشان داده و تاب‌آوری آن از محدوده‌ی متوسط به بسیار ضعیف رسیده است منطقه‌ی ۹ می‌باشد که در قسمت بعد در بخش تفسیر آنالیز حساسیت معیارهایی که باعث ایجاد حساسیت و تغییرات محسوس در آنالیز مناطق می‌شوند، مشخص شده است.

## نتایج آنالیز حساسیت

در بخش انجام آنالیز حساسیت، معیارهایی که بیشترین تأثیرگذاری را در تاب‌آوری مناطق دارند، ارزیابی و شناسایی شده‌اند، این معیارها، معیارهای حساس به حساب می‌آیند بدین معنی که تغییر این معیارها، می‌تواند بیشترین تغییر را در تاب‌آوری نهایی ایجاد نماید، با انجام آنالیز حساسیت و شناسایی معیارهای حساس در هر منطقه، معیاری که بالاترین رتبه را در میان معیارها از نظر تأثیرگذاری در تاب‌آوری کسب کرده است، معیار پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران می‌باشد که در ۱۸ منطقه از مناطق ۲۲ گانه‌ی تهران معیار حساس ارزیابی شده است، معیار ظرفیت ارتباطی پس از آن قرار می‌گیرد و در ۱۵ منطقه معیار حساس بوده است و سپس به ترتیب معیارهای پایگاه‌های آتش‌نشانی، دسترسی سلامتی، ظرفیت پزشکی بیمارستان و در آخر هم معیار مشکل زباله قرار می‌گیرد. شناسایی این معیارها از این لحاظ اهمیت دارد که تلاش برای افزایش تاب‌آوری در این معیارها، می‌تواند منجر به افزایش شایان توجهی در تاب‌آوری کلی یک منطقه شود و درواقع معیارهایی را که بیشترین اهمیت را در افزایش تاب‌آوری کلی دارند، نشان می‌دهد. همچنین با شناسایی این معیارها می‌توان راه‌های افزایش تاب‌آوری مناطق را شناسایی کرد، به طور نمونه در



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

این مورد با کاهش مشکل زباله و همچنین ایجاد پایگاه‌های مدیریت بحران، می‌توان تاب‌آوری مناطق را افزایش داد.

### منابع:

۱. بدری، سیدعلی، رمضان زاده لسبونی، مهدی، عسگری، علی، قدیری معصوم، مجتبی و سلمانی، محمد. (۱۳۹۲). نقش مدیریت محلی در ارتقای تاب‌آوری مکانی در برابر بلایای طبیعی با تأکید بر سیلاب. دوفصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران، شماره سوم، بهار و تابستان ۱۳۹۲، ص ۳۹ تا ۴۴.
2. Freudenberg, M., (2003), Composite Indicators of Country Performance: A Critical Assessment. OECD Publishing.
3. Nardo, M., M. Saisana, Saltelli, A., Tarantola, S., (2008), Handbook on Constructing Composite Indicators; Methodology and User Guide. OECD Publishing.
4. Cutter, Susan L., Burton Christopher G., and Emrich, Christopher T. (2010). Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions. Journal of Homeland Security and Emergency Management. 1. pp:7-22
۵. خیرطال، نرگس، خیرطال، اکرم و جزایری، سیدعباس. (۱۳۹۲). بررسی وقوع سیلاب با رویکرد وضعیت شهر تهران. خلاصه مقالات کنفرانس ملی مدیریت سیلاب. ص ۷۴ تا ۸۱.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir



HN-00870047



## بررسی انواع خرابی پل‌ها؛ مطالعه موردی: پل‌های رودخانه‌های دائمی شهرستان نور

محمودرضا کی منش<sup>۱\*</sup>، سید رضا موسوی<sup>۲</sup>، امیرعباس محمودی<sup>۳</sup>

۱- دکتری راه و ترابری، عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور؛ mrkeymanesh@pnu.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری راه و ترابری، دانشگاه پیام نور؛ sr.moosavi59@gmail.com

۳- کارشناس ارشد سازه، کارشناس وزارت راه و شهرسازی؛ aamahmoudi@ymail.com

### چکیده:

پل یک جزء مهم از زیرساخت حمل و نقل می‌باشد است و در تمامی انواع مسیرهای ارتباطی جهت ایجاد پیوستگی در نقاط تقاطعی با رودخانه‌ها و یا سایر مسیرهای ارتباطی احداث آن اجتناب‌ناپذیر است. همواره ساخت پل‌های مهم و بزرگ بسیار هزینه‌بر بوده است که این امر اهمیت نگهداری و آن را بسیار مهم جلوه می‌نماید. با توجه به نوع پل‌ها و شرایط موجود در منطقه و مصالح بکار برده شده، خرابی‌های پل‌ها نیز متنوع است نظر به اینکه عدم توجه به پیشگیری از ایجاد و یا گسترش خرابی باعث خرابی کامل و یا بلااستفاده شدن پل و متحمل شدن خسارات بسیار زیاد می‌گردد. در راستای مطالب بیان شده در این پژوهش سعی شده است با استفاده از تجارب پیشین و مطالعات انجام‌شده در ابتدا انواع خرابی‌های متداول پل تعریف و سپس تنوع خرابی‌های پل‌ها در ایران بیان و در پایان، نتایج بازرسی تعدادی از پل‌های منطقه نور استان مازندران را بررسی و با توجه به شاخص‌های بیان شده، انواع خرابی پل‌های آن منطقه طبقه‌بندی شده و جهت پیشگیری از ایجاد و گسترش وضع موجود راهکارهایی بیان گردید.

کلمات کلیدی: پل، خرابی‌ها، بازرسی، شبکه راه‌ها، پیشگیری.



## ۱- مقدمه

در زیرساخت‌های حمل‌ونقل، پل‌ها نقش مهمی در ایجاد ارتباط به عهده‌دارند و یکی از نقاط حیاتی در راه‌های درون‌شهری و برون‌شهری هستند. کاملاً بدیهی و مشخص است که حصول اطمینان از عملکرد مناسب اعضای سازه‌ای و غیر سازه‌ای پل به نحوی که بهره‌برداری فاقد اشکال و مستمر را امکان‌پذیر نماید از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و خرابی و آسیب و عدم خدمت‌دهی مناسب در پل‌های مهم و بزرگ در راه‌های دارای درجه اهمیت، آثار زیان‌باری در پی خواهد داشت. [۱ و ۲ و ۳]

از این رو، بسته به اینکه در طراحی و ساخت یک پل چه نوع سیستم سازه‌ای و یا چه نوع مصالحی استفاده شود، اثرات ناشی از فرسایش و تخریب در اعضای دیر یا زود پل قابل مشاهده خواهد بود. عواملی از قبیل شکل و هندسه سازه، مصالح به کاررفته در سازه، کیفیت اجرا، جزئیات طراحی، محیط‌زیست و عوامل جوی، آب‌شستگی، آتش‌سوزی، خستگی، زلزله، سیل و میزان ترافیک عبوری، بر روی نوع و میزان خرابی‌های وارد بر اعضای پل تأثیرگذار می‌باشند. با این حال، اغلب پل‌ها سازه‌های دائمی فرض شده و این موضوع که ممکن است در طول زمان دچار خرابی و زوال شوند، در نظر گرفته نمی‌شود. در صورتی که پل‌ها نیازمند نگهداری و مراقبت‌های خاص خود هستند؛ و با توجه به اینکه پل‌ها یکی از اجزای کلیدی و پرهزینه زیرساخت‌های شبکه حمل‌ونقل است، هزینه تعمیر و نگهداری، تعمیر و بازسازی پل‌ها به مراتب بیش از بودجه موجود است. حفظ ایمنی موجود پل‌ها با استفاده بهتر از منابع موجود، یک نگرانی عمده برای مدیریت پل هستند، هزینه‌های پل‌ها شامل پیامدهای اقتصادی ناشی از مسدود شدن جاده‌ها و تعمیر و تقویت آن‌ها می‌باشند؛ بنابراین، پل‌ها به منظور حفظ سطوح عملکرد و سرویس‌دهی مناسب در کل دوره عمرشان، همواره نیاز به نگهداری و تعمیر دارند. [۳ و ۱۵]

## ۲- مروری بر تجربیات پیشین

جهت شکل‌گیری دیدگاه کلی حاکم بر انجام پژوهش و کنترل روش‌های موجود در سایر کشورها مجموعه از کتب و راهنماهای زیر مورد مطالعه قرار گرفت و در کنترل مطالب برگرفته شده از مقالات، تجربیات شخصی و سایر منابع مورد استفاده در مقاله از آن‌ها بهره‌لازم گرفته شد.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



### جدول ۱: راهنماهای استفاده‌شده در تحقیق

| ردیف | مشخصات راهنما                                                                        | هدف راهنما                                                                                                                                                            | شماره منبع |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ۱    | راهنمای بازرسی پل، اداره حمل‌ونقل تگزاس آمریکا                                       | راهنمایی کارکنان بازرسی جهت ایجاد انسجام در بازرسی و رتبه‌بندی و ارزیابی پل                                                                                           | [۱۶]       |
| ۲    | ضبط و نوشتن برنامه برای ارزیابی وضع موجود پل‌های کشور، اداره حمل‌ونقل واشنگتن آمریکا | تهیه برنامه جامع جهت ارزیابی و ثبت نتایج حاصل از بازرسی و نظارت بر پل‌های کشور و شرح دقیق تمامی مراحل                                                                 | [۱۷]       |
| ۳    | مدیریت پل                                                                            | معرفی سیستم‌های مدیریت پل و ارائه نمونه‌های از BMS در کشورهای مختلف و ایجاد آشنایی با بازرسی و نظارت بر وضعیت پل‌ها و سایر اطلاعات موردنیاز با استفاده از تجارب جهانی | [۴]        |

### ۳- پیشینه تحقیق

کتاب و راهنماهای مطرح شده در بخش قبل برای شکل‌گیری ایده انجام تحقیق انجام شده، مؤثر واقع شد و در ادامه مقالات عنوان شده با موضوعات مرتبط با نگهداری پل، جهت تکمیل اطلاعات و غنای متن تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. به شرح جدول ۳ آورده شده است.

### جدول ۲: مقالات

| عنوان                                                                                                                                           | نویسندگان                                                                                     | شماره منبع |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| انتخاب استراتژی تعمیر و نگهداری بهینه پل‌ها بر مبنای الگوریتم تصمیم‌گیری چند معیاره و مدل برنامه‌ریزی ریاضی مطالعه موردی: پل‌های استان مازندران | عبداله زاده،<br>غلامرضا حمید<br>نوروزی؛ محمدجواد<br>طاهری امیری و<br>فرشید رضا حقیقی،<br>۱۳۹۳ | [۱]        |
| بررسی نظام اولویت‌بندی تعمیر و نگهداری بر اساس سیستم مدیریت پل مطالعه موردی: پل‌های بزرگ استان خوزستان                                          | بهادر وندی، مرتضی؛<br>ناصر الهی و                                                             | [۳]        |





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

|      |                                                         |                                                                                                                                      |
|------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | عبدالرسول تلوری،<br>۱۳۹۲                                |                                                                                                                                      |
| [۵]  | نبی زاده، مهدی،<br>۱۳۹۲                                 | ارائه روش‌های تعمیر و نگهداری پل‌ها و تونل‌های جاده‌ای                                                                               |
| [۶]  | کاتبی، علی و فریبرز<br>الماسیان، ۱۳۹۵                   | مقاله بررسی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات در پروژه‌های عمرانی                                                                       |
| [۳]  | مقصودی برمی، علی<br>و مهدی رضانی،<br>۱۳۹۵               | مروری بر کاربرد روش AHP در پروژه‌های طراحی، اجرا، تعمیر و نگهداری پل‌ها                                                              |
| [۸]  | خدابنده، افشین و<br>سید محمدمهدی<br>میرمعزی، ۱۳۹۲       | راهنمای تعمیر و نگهداری پل‌های مصالح بنایی                                                                                           |
| [۹]  | اسکندری شبستری،<br>فرناز و علی دنیوی،<br>۱۳۹۵           | شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر در سیستم نگهداری و تعمیر پل با استفاده از تکنیک سلسله مراتبی                                        |
| [۱۰] | بشیری راد، فائزو<br>آرش فرج زاده، ۱۳۹۳                  | ارزیابی تأثیر عملیات تعمیر و نگهداری پل‌ها بر روی افزایش چرخه عمر بهره‌برداری سازه‌ها: مطالعه موردی بر روی پل‌های سواره‌رو شهر شیراز |
| [۱۱] | زبیری، حسن؛ حسن<br>دیواندردی و کامران<br>سیدعمادی، ۱۳۹۵ | پیش‌بینی عملکرد پل‌های فولادی و بتنی با روسازی عرشه آسفالتی به‌منظور مدیریت تعمیر و نگهداری                                          |



## ۴- طبقه‌بندی پل‌ها و خرابی‌ها

به‌طور کلی اعضای پل را از نظر جنس مصالح و خرابی‌های رایج، می‌توان به ۳ دسته کلی زیر تقسیم نمود:

- اعضای بتنی
- اعضای فولادی
- پل‌های با مصالح بنایی یا ترکیبی [۲]



#### ۴-۱- خرابی‌های رایج اعضای بتنی

ترک خوردگی، خرد شدن بتن، لایه‌لایه شدن و تورق یا قلوه‌کن شدن، پوسته شدن و جداشدگی بتن، نم‌زدگی، خیس شدن بتن، تراوش و نشست آب از درزها، لکه‌های زنگ، حباب‌زایی، شکست سطحی، اضمحلال (خوردگی، تخلخل، سایش)، کیفیت پایین بتن (کرمو بودن بتن و ...) [۲] در ادامه برخی از موارد به اختصار شرح داده می‌شود:

#### ۴-۱-۱- ترک خوردگی و کنده شدن ناشی از خوردگی

این پدیده تابع عوامل زیر است:

مقاومت کششی بتن، کیفیت پوشش بتنی روی میلگردهای مسلح‌کننده، وضعیت چسبندگی بتن میلگردها و بتن محصورکننده آن‌ها، قطر میلگردها، درصد خوردگی میلگرد نسبت به وزن اولیه. فقط میزان ۱٪ خوردگی میلگرد برای ترک خوردگی بتن کافی است. [۱۲]

#### ۴-۱-۲- واکنش قلیا- سنگ‌دانه

علت اصلی این پدیده هنوز به طور کامل مشخص نیست؛ اما برخی از سنگ‌دانه‌ها مانند بعضی از سیلیکات‌های فعال، با هیدروکسیدهای قلیایی کلسیم، سدیم و پتاسیم مربوط به سیمان واکنش حاصل کرده و ژلی را تولید می‌کنند که دور سنگ‌دانه‌ها را احاطه کرده و در صورت مجاورت این ژل با رطوبت باعث انبساط آن و در نتیجه ترک‌های کششی اطراف سنگ‌دانه‌ها و در نهایت کنده شدن بتن می‌گردد. [۱۲]

#### ۴-۱-۳- تهاجم سولفات‌ها

کلیه سولفات‌ها به طور بالقوه برای بتن مضر هستند چون با اکسید کلسیم هیدراته و آلومینات کلسیم هیدراته موجود در خمیر سیمان واکنش داده و محصولات جامدی با حجم بزرگ‌تر از مواد اولیه به وجود می‌آیند. این مواد به طور عمده سولفات کلسیم یا گچ و نمک هستند که منبسط شده و جسم هیدراته سیمان را تحت فشار و تخریب قرار می‌دهند. بکار بردن مقدار مناسبی از میکرو سیلیس، سرباره‌های کوره آهن‌گدازی و یا خاکسترهای آتش‌فشانی معمولاً مقاومت بتن در برابر تهاجم سولفات‌ها را بهبود می‌بخشد.





#### ۲-۴- خرابی‌های رایج اعضای فلزی

آسیب دیدن پوشش رنگ یا گالوانیزه و خوردگی فولاد و کاهش سطح مقطع، شکستگی، ترک خوردگی (در جوش و سطح فولاد) تغییر شکل‌های دائمی ایجاد شده در اعضا (ناشی از کماتش، لهیدگی، تابیدگی و پیچش عضو)، شل شدن اتصالات، فرسودگی و سایش زیاد، وضعیت داخلی مقاطع فولادی بسته (جمع شدن آب و زنگ زدگی درون مقطع و...) [۲]. در ادامه برخی از موارد مختصراً شرح داده می‌شود:

#### ۴-۲-۱- فرآیند خوردگی فلزات داخل بتن

بتن یک ماده بسیار قلیایی است و pH آن در حدود ۱۲ و ۱۳ است. زمانی که قشر محافظ در برابر خوردگی اجزای فلزی در اثر واکنش‌ها از بین می‌رود، خوردگی شروع می‌شود، پدیده خوردگی یک فرآیند الکتروشیمیایی است که در آن قطب آند، قطب کاتد و یک الکترولیت باید وجود داشته باشد. مخلوط تازه و مرطوب بتن نقش الکترولیت و فولاد مسلح کننده آن قطب‌های آند و کاتد را تشکیل می‌دهند که به موجب آن جریان الکتریکی برقرار و در نتیجه آهن اکسید می‌شود. البته این پدیده در شرایطی رخ می‌دهد که عوامل افزایش‌دهنده خوردگی شامل اکسیژن، آب، جریان الکتریکی پیش‌بینی نشده، محیط ناسازگار شیمیایی در اطراف میلگردها و محیط‌های کاهنده درجه قلیایی بودن، وجود داشته باشد. [۱۲]

#### ۴-۲-۲- کاهش ظرفیت سازه‌ای

خوردگی میلگرد و ترک‌های بتن اطراف میلگرد سطح مقطع را کاهش و در نتیجه کاهش ظرفیت سازه‌ای را موجب می‌شود. در تیرهای خمشی با ۱/۵٪ خوردگی فولاد، ظرفیت گسیختگی عضو شروع به کاهش کرده و زمانی که این میزان به ۴/۵٪ برسد، کاهش ظرفیت گسیختگی عضو ۱۲٪ می‌شود. [۱۲]



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

مؤسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



#### ۴-۲-۳- نفوذ کلریدها

کلریدها می‌توانند از طریق عوامل محیطی به بتن نفوذ کنند و در مجاورت رطوبت در تماس با فولاد باعث خوردگی آن شده و با گذشت زمان و تورم ایجاد شده سبب کنده شدن و تخریب لایه‌ای بتن می‌شود. [۱۲]

#### ۴-۳- خرابی‌های رایج اعضای ساخته شده از مصالح بنایی یا ترکیبی

ترک خوردگی در ملات بین مصالح، ترک خوردن عضو، بیرون پریدگی و اضمحلال مصالح، خرد شدن و فرو ریختن سنگ یا ملات. [۲]

#### ۵- طبقه‌بندی پل‌ها

تعاریف متعددی برای پل‌های مهم و بزرگ و پل‌های متعارف در ادبیات فنی وجود دارد که بر اساس شاخص‌های مختلفی همچون ترافیک، طول و تعداد دهانه پل، موقعیت پل، آسیب‌پذیری آن در شبکه و ارزش ریالی پل جایگزین ارائه می‌شود ولی متأسفانه هنوز تعریف واحدی در کشور برای چنین طبقه‌بندی ارائه نشده است. [۱۳]

در حال حاضر، تعاریف پذیرفته شده در سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای وزارت راه و شهرسازی برای پل مهم و پل بزرگ به منظور پیاده‌سازی در سامانه مدیریت پل به شرح زیر است:

##### • پل مهم:

پلی که حداقل یک دهانه به طول بزرگ‌تر یا مساوی ۱۰ متر داشته باشد. بر این اساس، حدود ۶۳۱۶ پل مهم در راه‌های کشور وجود دارد.

##### • پل بزرگ:

پلی که حداقل یک دهانه به طول بزرگ‌تر یا مساوی ۲۰ متر داشته باشد و یا طول کل پل بزرگ‌تر یا مساوی ۳۰ متر باشد. آمار این تعداد از پل‌ها به طور دقیق معلوم نیست ولی تعداد آن‌ها حدود ۴۰۰۰ دستگاه پل برآورد می‌شود. [۱۳]



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



## ۵-۱- خرابی‌های عمده در پل‌ها

انواع مختلف خرابی در پل‌های جاده‌ای کشور وجود دارد که عمدتاً در دو دسته زیر قابل طبقه‌بندی است:



### ۵-۱-۱- مشکلات و خرابی‌های ناشی از عدم نگهداری جاری و دوره‌های پل‌ها:

- خوردگی و اضمحلال بتن و فولاد (عمدتاً ناشی از عوامل محیطی و استعمال نمک‌های یخ‌زدا)
- عملکرد نامناسب سیستم زهکشی عرشه پل
- خرد شدن موضعی قطعات بتنی و درزهای انبساط
- انسداد دهانه آبروها و پل‌های کوچک
- عدم تنظیم مسیر آب و بستر پل‌های واقع بر مسیل‌ها و رودخانه‌ها و مشکلات هیدرولیکی
- تجمع آلودگی‌های موضعی در نقاط تکیه‌گاهی و خوردگی متعاقب آن [۱۳]

### ۵-۱-۲- مشکلات ناشی از ضعف در طراحی، ساخت و بهره‌برداری پل‌ها:

- خرابی و خسارت ناشی از اعمال بارهای اضافی و تصادف با پل
  - ضعف در طراحی
  - اشکالات و نواقص اجرایی در زمان ساخت
- البته وقوع حوادث طبیعی مانند سیل منجر به آب شستگی شدید و ناگهانی و فروریزش پل و یا وقوع زلزله منجر به تخریب پل‌ها ناشی از ضعف در عملکرد لرزه‌ای پل‌ها خواهد شد. [۱۳] البته با اعمال مدیریت صحیح و ایجاد هماهنگی مناسب بین دستگاهی در هر شرایطی می‌توان میزان تلفات جانی را به حداقل رساند.

### ۵-۲- توزیع انواع خرابی‌های موجود در پل‌های کشور به لحاظ نوع خرابی عبارت‌اند از:

- خرابی درزهای انبساط عرشه پل‌ها در حدود ۷۰٪ از پل‌ها وجود دارد.
- خرابی بالشتک‌های تکیه‌گاهی در حدود ۲۰٪ از پل‌ها وجود دارد.
- اضمحلال بتن عرشه تیرها، دال بتنی و... (در حدود ۶۰٪) از پل‌ها وجود دارد.



- خرابی بتن در پایه‌های میانی در حدود ۲۵٪ پل‌ها وجود دارد
- خرابی بتن در کوله‌ها در حدود ۲۵٪ از پل‌ها وجود دارد
- آبستستگی در بستر رودخانه، پایه‌های میانی، کوله‌ها و دیوارهای هدایت آب در حدود ۳۰٪ از پل‌ها وجود دارد.
- خرابی‌های ثبت شده در بانک اطلاعات سامانه مدیریت پل‌ها نشان می‌دهد حدود ۹۰ درصد از مشکلات پل‌ها ناشی از عدم نگهداری جاری و دوره‌های پل‌ها و مشکلات متعاقب ردیف ۵-۱-۱ است. حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد از مشکلات ردیف ۵-۱-۱ منجر به خرابی‌های سطحی می‌شوند. بین ۳۰ تا ۴۰ درصد باقیمانده البته منجر به خسارت‌ها و خرابی‌های عمیق و سازه-ای می‌شوند که حتی فروریزش پل را نیز به همراه دارد. نمونه کاملاً عینی و روشن آن، عدم تنظیم بستر پل‌های رودخانه‌ای است که در زمان سیلاب منجر به فروریزش پل یا تخلیه مصالح از زیر پی و نشست پل می‌شود. [۱۳]

## ۶- مطالعه موردی

پس از معرفی بخشی از انواع خرابی‌های پل‌ها و سپس بررسی خرابی‌های پل‌های کشور، پل‌های شهرستان نور استان مازندران را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

### ۶-۱- موقعیت پل‌ها

تعداد پل‌های مورد بررسی ۱۰ عدد است که دارای موقعیت زیر می‌باشند که در جدول ۳ آورده شده است:

- این ۱۰ پل بر روی ۶ رودخانه ساخته شده است.
- همگی از نوع دائمی هستند.
- همگی در محدوده شهرستان نور و مسیرهای مرتبط و منتهی به آن واقع شده‌اند.
- حداقل طول دهانه آن‌ها ۱۲ متر در پل جلیکان واقع در مسیر چمستان- نور و بر روی رودخانه میان‌رود است.
- حداکثر طول دهانه آن‌ها ۲۲ متر و مربوط به پل تاشکوه علیا واقع در مسیر نور- رویان و بر روی رودخانه تاشکوه است.



- تمامی پل‌ها یک دهانه و فقط پل ملک حمام سر واقع در مسیر چمستان - حمام سر و بر روی رودخانه وازرود دارای ۳ دهانه و با طول کل ۳۰ متر است.
- کمترین عرض پل‌ها ۳٫۳ متر مربوط به پل دیزین کلاً واقع در مسیر چمستان-لاویج و بر روی رودخانه لاویج رود است.
- بیشترین عرض پل‌ها ۹ متر و مربوط به پل آغوزکتی واقع در مسیر چمستان-لاویج و بر روی رودخانه لاویج رود است.

## جدول ۳: موقعیت پل‌های شهرستان نور

| ردیف | نام محور         | نام پل      | نام رودخانه | رودخانه |       | طول دهانه (m) | تعداد دهانه | طول کل (m) | عرض (m) |
|------|------------------|-------------|-------------|---------|-------|---------------|-------------|------------|---------|
|      |                  |             |             | فصلی    | دائمی |               |             |            |         |
| ۱    | چمستان - آمل     | میرنا       | انگتارود    |         | *     | ۲۰            | ۱           | ۲۰         | ۵       |
| ۲    | چمستان - آمل     | شیر کلا     | الشروود     |         | *     | ۱۷            | ۱           | ۱۷         | ۶       |
| ۳    | چمستان - آمل     | تورانکلا    | الشروود     |         | *     | ۲             | ۱           | ۲۱         | ۴٫۵     |
| ۴    | چمستان - آمل     | جلیکان      | میان‌رود    |         | *     | ۱۲            | ۱           | ۱۲         | ۶       |
| ۵    | چمستان - آمل     | نعمت‌آباد   | وازرود      |         | *     | ۲۰            | ۱           | ۲۰         | ۵٫۵     |
| ۶    | چمستان - حمام سر | ملک حمام سر | وازرود      |         | *     | ۱۰            | ۳           | ۳۰         | ۵٫۵     |
| ۷    | چمستان - لاویج   | رئیس کلا    | لاویج رود   |         | *     | ۱۸            | ۱           | ۱۸         | ۵       |
| ۸    | چمستان - لاویج   | دیزین کلا   | لاویج رود   |         | *     | ۱۸            | ۱           | ۱۸         | ۳٫۳     |
| ۹    | چمستان - لاویج   | آغوزکتی     | لاویج رود   |         | *     | ۱۷            | ۱           | ۱۷         | ۹       |
| ۱۰   | نور - روبان      | تاشکوه علیا | تاشکوه      |         | *     | ۲۲            | ۱           | ۲۲         | ۴٫۵     |



شرکت مدیریت منابع آب ایران





## ۶-۲- مشخصات فنی پل‌ها:

مشخصات فنی پل‌های موردبررسی شامل نوع تابلیه، نوع کوله، ارتفاع کوله، نوع پایه میانی، ارتفاع پایه، نوع فونداسیون، نوع دیوار هدایت آب و سال احداث به شرح زیر و مطابق جدول ۴ است:

- مورد مربوط به طول و تعداد دهانه‌ها، طول و عرض پل‌ها در بخش ۶،۲ بیان شد که با توجه به آن و براساس تعاریف سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای وزارت راه و شهرسازی که در بخش‌های قبل بیان شد تمامی پل‌ها از نوع مهم و فقط پل ملک حمام سر واقع در مسیر چمستان - حمام سرو و بر روی رودخانه وازرود جزء پل‌های بزرگ دسته‌بندی می‌شود.
- پل‌های میرنا، تورانکلا، رئیس کلا و دیزین کلا دارای تابلیه از نوع تیرورق و سایر پل‌ها دارای تابلیه از نوع بتنی هستند.
- تمامی پل‌ها دارای کوله از نوع بتن مسلح و فقط پل‌های رئیس کلا و دیزین کلا دارای کوله سنگی هستند.
- ارتفاع متغیر کوله‌ها بین ۴ تا ۷ متر است
- تمامی پل‌ها فاقد پایه میانی هستند و فقط پل ملک حمام سر دارای پایه میانی از نوع بتن مسلح دیواری با ارتفاع ۴ متر است.
- فونداسیون تمامی پل‌ها از نوع سطحی است.
- دو پل رئیس کلا و دیزین کلا فاقد دیوار هدایت آب و سایر پل‌ها دارای دیوار هدایت آب از نوع سنگی، بتن وزنی و بتن مسلح هستند.
- پل‌ها در فاصله سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۲ ساخته شده‌اند.







### ۳-۶- انواع خرابی‌های مشاهده شده در پل‌های مورد مطالعه:

کلیه بخش‌هایی از پل‌ها که در جدول ۴ عنوان شده است مورد بازرسی قرار گرفته و مشکلات بررسی و ثبت گردید و فقط بخش‌هایی که دارای خرابی بوده است در جداول آورده شده است. انواع خرابی‌ها و راهکارهای پیشنهادی در پل‌ها به شرح جداول ۵ تا ۸ بیان شده است:

#### جدول ۵: خرابی‌ها و راهکار پیشنهادی پل میرنا

| ردیف | محل بازرسی | نوع خرابی                     | شدت خرابی |       |      | راه‌حل کلی پیشنهادی<br>برای تعمیر خرابی<br>موردنظر |
|------|------------|-------------------------------|-----------|-------|------|----------------------------------------------------|
|      |            |                               | کم        | متوسط | زیاد |                                                    |
| ۱    | تابلیه     | زنگ‌زدگی                      |           |       | *    | رنگ‌آمیزی                                          |
|      |            | زنگ‌زدگی و نداشتن علائم ایمنی |           |       | *    | تهیه و نصب علائم                                   |
| ۲    | دهانه      | مسدود شدن قسمتی از دهانه      |           | *     |      | لایروبی                                            |
|      |            | آبشستگی بستر                  |           | *     |      | رادیه و برید                                       |

#### جدول ۶: خرابی‌ها و راهکار پیشنهادی پل نعمت‌آباد

| ردیف | محل بازرسی     | نوع خرابی               | شدت خرابی |       |      | راه‌حل کلی پیشنهادی<br>برای تعمیر خرابی<br>موردنظر |
|------|----------------|-------------------------|-----------|-------|------|----------------------------------------------------|
|      |                |                         | کم        | متوسط | زیاد |                                                    |
| ۱    | تابلیه         | زنگ‌زدگی نرده‌ها        |           |       |      | رنگ‌آمیزی                                          |
|      |                | نداشتن علائم ایمنی      |           |       | *    | تهیه و نصب علائم                                   |
| ۲    | دیوار هدایت آب | نداشتن دیوار در یک قسمت |           |       | *    | احداث دیوار                                        |

#### جدول ۷: خرابی‌ها و راهکار پیشنهادی پل ملک حمام سر (جوربند)

| ردیف | محل بازرسی | نوع خرابی                 | شدت خرابی |       |      | راه‌حل کلی پیشنهادی<br>برای تعمیر خرابی موردنظر |
|------|------------|---------------------------|-----------|-------|------|-------------------------------------------------|
|      |            |                           | کم        | متوسط | زیاد |                                                 |
| ۱    | کوله       | کرمو شدن                  |           | *     |      | مرمت                                            |
| ۲    | تابلیه     | از بین رفتن قسمتی از نرده |           |       | *    | مرمت و رنگ‌آمیزی                                |



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



|   |       |                          |   |                    |                       |  |
|---|-------|--------------------------|---|--------------------|-----------------------|--|
|   |       |                          |   | نداشتن علائم ایمنی |                       |  |
| ۳ | پایه  | کرمو شدن                 | * |                    | تهیه و نصب علائم      |  |
| ۴ | دهانه | کم بودن طول دهانه        | * |                    | مرمت                  |  |
|   |       | مسدود شدن قسمتی از دهانه | * |                    | اضافه نمودن طول دهانه |  |
|   |       |                          | * |                    | لایروبی و اصلاح بستر  |  |

جدول ۸: خرابی‌ها و راهکار پیشنهادی پل دیزین کلا

| ردیف | محل بازرسی     | نوع خرابی             | شدت خرابی |       |      | راه حل کلی پیشنهادی<br>برای تعمیر خرابی موردنظر |
|------|----------------|-----------------------|-----------|-------|------|-------------------------------------------------|
|      |                |                       | کم        | متوسط | زیاد |                                                 |
| ۱    | تابلیه         | نداشتن علائم ایمنی    |           |       | *    | تهیه و نصب علائم                                |
| ۲    | دیوار هدایت آب | نداشتن دیوار          |           |       | *    | احداث دیوار                                     |
| ۳    | دهانه          | وجود تکه‌های قدیمی پل |           |       | *    | لایروبی و اصلاح بستر                            |

سایر پل‌ها یعنی شیرکلا، تورانکلا، جلیکان، رئیس کلا، آغوزکتی و تاشکوه علیا دارای مشکل زنگ‌زدگی و نداشتن علائم در بخش تابلیه هستند که با رنگ‌آمیزی و نصب علائم رفع خواهند شد و به دلیل یکسان بودن مشکل در جداول جداگانه ذکر نشد.

## ۷- نتایج:

- مشکلات پل‌های شهرستان نور مانند سایر پل‌های کشور شامل خرابی‌های ناشی از عدم نگهداری جاری و دورهای پل‌ها است.
- عمده خرابی‌های بیان‌شده به علت استفاده و تغییرات آب و هوایی رخ داده است که با بازرسی و حل به موقع با هزینه بسیار کمتر قابل جبران است.
- خرابی‌هایی مانند کرمو شدن کوله و پایه نیز هم به اجرای بد بستگی دارد و هم به علت واکنش قلیا سنگ‌دانه ایجاد شود که با بررسی دقیق مصالح موجود و انجام آزمایش‌های لازم قابل پیشگیری بوده است.
- خرابی کم بودن طول دهانه در نگاه اول به مشکل طراحی برمی‌گردد اما ممکن است دبی رودخانه در اثر تغییرات در بالادست تغییر کرده باشد.





وزارت نیرو



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

– نگهداری پل، کاری هزینه‌بر است اما با توجه به هزینه‌های بالای ساخت پل‌ها، اگر بازدید و بازرسی در بازه زمانی کوتاه انجام شود مستلزم هزینه کمی خواهد شد و نیاز به تعمیر اساسی و ساخت مجدد را مستثنا خواهد کرد.

## مراجع

- عبداله‌زاده، غلامرضا؛ حمید نوروزی؛ محمدجواد طاهری امیری و فرشیدرضا حقیقی، ۱۳۹۳، انتخاب استراتژی تعمیر و نگهداری بهینه پل‌ها بر مبنای الگوریتم تصمیم‌گیری چند معیاره و مدل برنامه‌ریزی ریاضی مطالعه موردی: پل‌های استان مازندران، فصلنامه مهندسی حمل و نقل ۶  
<http://www.civilica.com/Paper-JR-JTE-JR-JTE-6-3-006.html>
- سازمان مشاور فنی و مهندسی شهر تهران، راهنمای بازرسی چشمی پل‌های شهری، شورای عالی فنی شهرداری تهران، فروردین ۹۳
- به‌داروندی، مرتضی؛ ناصر الهی و عبدالرسول تلوری، ۱۳۹۲، بررسی نظام اولویت‌بندی تعمیر و نگهداری بر اساس سیستم مدیریت پل مطالعه موردی: پل‌های بزرگ استان خوزستان، همایش ملی مهندسی عمران کاربردی و دستاوردهای نوین، کرج، شرکت سازه کویر، - ACA01  
<http://www.civilica.com/Paper-ACA01-ACA01-378.html>
- رایال، ام. جی. ترجمه: یلداشخان، م. شمالی، آ. (۱۳۸۵)، مدیریت پل، پژوهشکده حمل و نقل،
- نبی‌زاده، مهدی، ۱۳۹۲، ارائه روش‌های تعمیر و نگهداری پل‌ها و تونل‌های جاده‌ای، اولین کنفرانس ملی زیرساخت‌های حمل و نقل، تهران، پژوهشکده حمل و نقل، دانشگاه علم و صنعت ایران،  
<http://www.civilica.com/Paper-TI01-TI01-002.html>
- کاتبی، علی و فریبرز الماسیان، ۱۳۹۵، بررسی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات در پروژه‌های عمرانی، سومین کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و سازه، نروژ، موسسه تحقیقاتی، پژوهشی علوم و تکنولوژی نروژ،  
<http://www.civilica.com/Paper-ICASCE03-ICASCE03-059.html>
- مقصودی برمی، علی و مهدی رضایی، ۱۳۹۵، مروری بر کاربرد روش AHP در پروژه‌های طراحی، اجرا، تعمیر و نگهداری پل‌ها، اولین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی عمران (مهندسی سازه و مدیریت ساخت)، تهران، دانشگاه صنعتی شریف، - SECM01  
<http://www.civilica.com/Paper-SECM01-SECM01-139.html>
- خدابنده، افشین و سید محمد مهدی میرمعزی، ۱۳۹۲، راهنمای تعمیر و نگهداری پل‌های مصالح بنایی، اولین کنفرانس ملی زیرساخت‌های حمل و نقل، تهران، پژوهشکده حمل و نقل، دانشگاه علم و صنعت ایران،  
<http://www.civilica.com/Paper-TI01-TI01-033.html>



۱۰. اسکندری شبستری، فراز و علی دنیوی، ۱۳۹۵، شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر در سیستم نگهداری و تعمیرات با استفاده از تکنیک سلسله مراتبی، اولین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی عمران (مهندسی سازه و مدیریت ساخت)، تهران، دانشگاه صنعتی شریف،

[http://www.civilica.com/Paper-SECM01-SECM01\\_217.html](http://www.civilica.com/Paper-SECM01-SECM01_217.html)

۱۱. بشیری راد، فائز و آرش فرج زاده، ۱۳۹۳، ارزیابی تأثیر عملیات تعمیر و نگهداری پل‌ها بر روی افزایش چرخه عمر بهره‌برداری سازه‌ها: مطالعه موردی بروی پل‌های سواره‌رو شهر شیراز، ششمین همایش مقررات ملی ساختمان، شیراز، دبیرخانه دائمی مباحث مقررات ملی ساختمان،

[http://www.civilica.com/Paper-NBRCS06-NBRCS06\\_059.html](http://www.civilica.com/Paper-NBRCS06-NBRCS06_059.html)

۱۲. زیاری، حسن؛ حسن دیواندری و کامران سید عمادی، ۱۳۹۵، پیش‌بینی عملکرد پل‌های فولادی و بتنی با روسازی عرشه آسفالتی به منظور مدیریت تعمیر و نگهداری، هشتمین همایش قیر و آسفالت ایران، تهران، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی - سازمان راهداری حمل و نقل جاده‌ای، معاونت فنی و عمرانی شهرداری تهران - شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک،

[http://www.civilica.com/Paper-CAAM08-CAAM08\\_040.html](http://www.civilica.com/Paper-CAAM08-CAAM08_040.html)

۱۳. گلصورت پهلوانی، علی، ترمیم سازه‌ها بهسازی و مقاوم‌سازی، نشر نیوشانگار چاپ سوم ۱۳۹۴

۱۴. وضعیت پل‌های جاده‌ای کشور، اداره کل نگهداری راه و ابنیه، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای وزارت راه و شهرسازی، پاییز ۹۴

15. Lee, J. H., Sanmugarasa, K, Loo, Y. C. and Blumenstein, M. (2008) "Improving the reliability of a bridge management system (BMS) using an ANNbased Backward Prediction Model (BPM)", Journal of Automation in Construction, Vol. 17, No. 6, pp.758-772
16. Koh & Frangopol (eds)-Bridge Maintenance, Safety, Management, Health Monitoring and Informatics -© 2008 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-46844-2
17. Gregg A. Freeby, P.E., Director, Bridge Division, Bridge Inspection Manual, August 23, 2013
18. William A. Weseman, recording and coding guide for the structure inventory and appraisal of the nation bridges, Office of Engineering Bridge Division Bridge Management Branch Washington, D.C. 20590, December 1995.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



HN-00990062

## بررسی تأثیر شدت بارش بر سرعت هیدروپلنینگ در آزادراه گرمسار-سمنان

عبدالرحیم جمال<sup>۱\*</sup>، علی پروان<sup>۲</sup>، داریوش والی‌زاده<sup>۳</sup>، امیرحسین شیخ‌متولی<sup>۴</sup>

۱، ۲، ۳-۴- قراگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء (ص)، شرکت مهندسی مشاور طرح آفرینان هزاره امید (طاها)

\* AbdorahimJamal@gmail.com

### چکیده:

در زمان وقوع بارندگی، هیدروپلنینگ عامل اصلی تصادفات رانندگی در آزادراه‌ها می‌باشد. وقوع رواناب سطحی روی بستر ترافیکی سبب می‌شود تا اتومبیل‌هایی که با سرعتی معادل یا بیشتر از سرعت هیدروپلنینگ حرکت می‌کنند، واژگون گردند. لذا به جهت افزایش ایمنی آزادراه‌ها که غالباً دارای سرعت طرح بالایی می‌باشند، محاسبه سرعت هیدروپلنینگ حائز اهمیت است. از عوامل مؤثر بر پدیده هیدروپلنینگ، ضخامت ورقه آبی است که تحت تأثیر شدت بارش و مشخصات هندسی راه، بر روی بستر ترافیکی ایجاد می‌شود. در این مقاله، پتانسیل وقوع پدیده هیدروپلنینگ در آزادراه گرمسار-سمنان مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین ترتیب که ضخامت ورقه آب بر روی بحرانی‌ترین مقطع عرضی آزادراه گرمسار-سمنان، تحت تأثیر شدت بارندگی با دوره بازگشت‌های مختلف، محاسبه شده و بدین ترتیب سرعت هیدروپلنینگ به ازای باران با شدت بارش‌های مختلف به دست می‌آید. با مقایسه سرعت هیدروپلنینگ به دست آمده با سرعت طرح آزادراه، چنین نتیجه می‌شود که در بارش‌های با دوره بازگشت ۲ سال (بارش‌های معمول)، سرعت طرح و سرعت هیدروپلنینگ تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند.

**کلمات کلیدی:** هیدروپلنینگ، شدت بارش، عمق ورقه آب، دوره بازگشت، آزادراه گرمسار-سمنان.

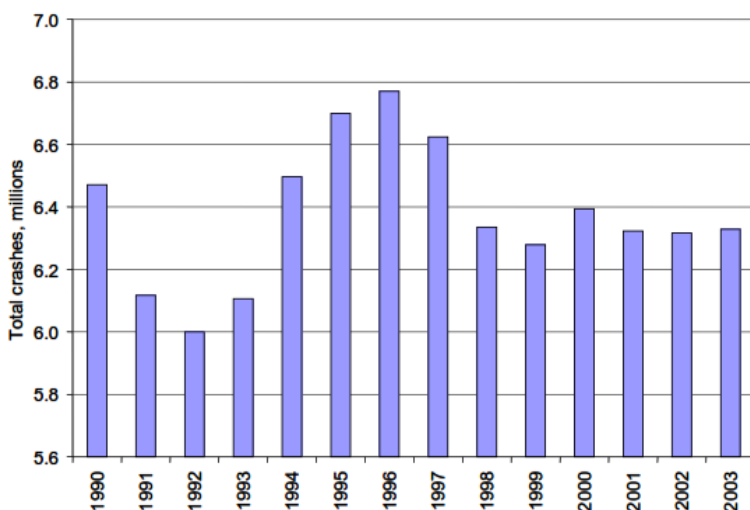






## ۱. مقدمه

در بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۳ در ایالات متحده آمریکا در حدود ۴/۶ میلیون تصادفات آزادراهی ثبت شده که تقریباً ۱۳/۵ درصد از آن‌ها منجر به فوت گردیده است؛ یعنی این تصادفات به طور متوسط هر ۱۲ دقیقه یک مورد مرگ در پی داشته است. هزینه تصادفات آزادراهی در سال ۲۰۰۰ در ایالات متحده آمریکا، بالغ بر ۲۳۰/۶ میلیارد دلار برآورد گردیده است. شکل ۱ و شکل ۲ مجموع کل تصادفات و نتایج تلفات در ایالات متحده در بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۳ میلادی را نشان می‌دهد [۱۰]. براساس آمار<sup>۱</sup> NTSB و<sup>۲</sup> FHWA، ۲۵ درصد کل تصادفات در زمانی اتفاق افتاده که سطح جاده مرطوب و خیس بوده است.



شکل ۱- آمار کل تصادفات در ایالات متحده از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۳ [NHTSA, 2004]



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



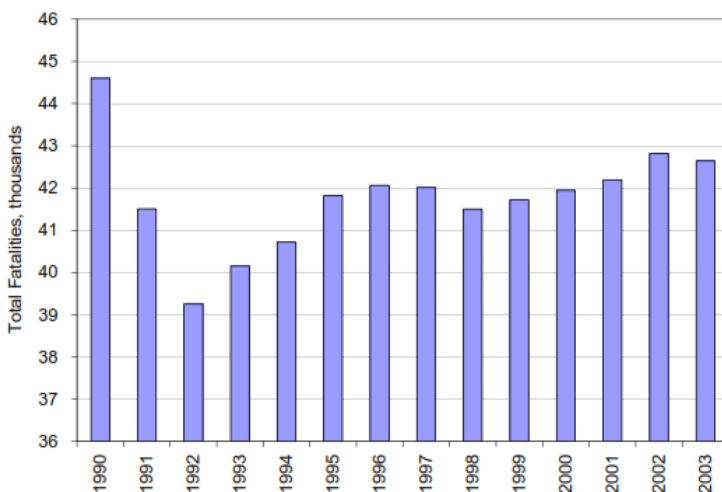
پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

<sup>1</sup> National Transportation Safety Board

<sup>2</sup> Federal Highway Administration



[NHTSA, 2004]

لذا بدون شک ایمنی آمودشد (ترافیک) ارتباط نزدیکی با زهکشی و دفع سریع سیلاب از سطح جاده‌ها دارد. از این رو یکی از الزامات طراحی ایمن راه‌ها، تعریف و تبیین معیارهای مشخص برای زهکشی راه‌ها و دفع جریان‌های سطحی از بسترهای ترافیکی ممکن است. در این میان، خطرناک‌ترین رخداد برای یک ماشین‌سوار حین رانندگی بر روی سطوح روسازی مرطوب، پدیده هیدروپلنینگ<sup>۱</sup> می‌باشد [۴]. هیدروپلنینگ زمانی رخ می‌دهد که یک تایر در حال حرکت بر روی لایه نازکی از آب واقع شود. آب مجتمع شده در این حالت باعث ایجاد فشار آبی شده که با افزایش سرعت اتومبیل این فشار افزایش می‌یابد تا زمانی که در یک سرعت بحرانی به نام سرعت هیدروپلنینگ، چرخ تمامی سطح تماس خود را از دست می‌دهد که این باعث عدم کنترل ایمن بر روی خودرو می‌گردد [۱]. لذا با توجه به اهمیت موضوع، تحقیقات متعددی در این زمینه صورت پذیرفته است. (Junior et al (2011) با بررسی تأثیر شدت بارش بر روی ایمنی آزادراهی در نزدیکی شهر سائوپائولو برزیل به این نتیجه رسیدند که جهت جلوگیری از پدیده هیدروپلنینگ باید حداکثر



سرعت  $80 \text{ km/h}$  باشد [۹]. Guo et al (2013) از دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) و روش اجزای محدود (FEM) برای تحلیل اثر هیدروپلنینگ استفاده کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که عمق ورقه آب تشکیل شده بر روی بستر ترافیکی، تأثیر بسیاری بر فشار هیدروپلنینگی و سایل نقلیه با سرعت  $90 \text{ km/h}$  دارد. لذا آن‌ها پیشنهاد کردند در جاده‌های مرطوب سرعت طرح بین ۶۵ تا  $85 \text{ km/h}$  باشد [۶]. Sung et al (2015) نیز از تکنیک CFD برای شبیه‌سازی پدیده هیدروپلنینگ استفاده کردند. نتایج شبیه‌سازی آن‌ها نشان می‌دهد که الگوی آج لاستیک اتومبیل می‌تواند تأثیر بسزائی در کاهش اثر هیدروپلنینگ داشته باشد [۱۱].

در این مقاله، تأثیر شدت باران با دوره بازگشت‌های مختلف بر مقدار سرعت هیدروپلنینگ مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این موضوع، آزادراه گرمسار-سمنان حدفاصل کیلومتر ۱۴۰ تا ۲۹۰ از پروژه آزادراهی حرم تا حرم به عنوان مطالعه موردی این تحقیق انتخاب شده است. براساس مشخصات هندسی این آزادراه و آمار بلندمدت بارندگی در منطقه و نیز استفاده از برخی روابط تجربی، ضخامت ورقه آب تشکیل شده بر روی بستر ترافیکی آزادراه مذکور به ازای شدت بارش‌های متفاوت، محاسبه می‌شود. سپس بر مبنای ارتباط میان سرعت هیدروپلنینگ و ضخامت ورقه آب، سرعت مجاز رانندگی در زمان بارش معمول و بارش طرح، تعیین می‌گردد.

## ۲. معرفی محدوده مطالعاتی

محور مطالعاتی آزادراه حرم تا حرم، قطعه گرمسار-سمنان، در استان سمنان و در داخل حوضه آبریز کویر مرکزی قرار دارد. حوضه آبریز کویر مرکزی (کویر نمک)، بخش وسیعی از مناطق مرکزی و شرقی ایران را تشکیل می‌دهد. مطابق شکل ۱ این حوضه بین مختصات جغرافیایی ۵۱ و ۴۵ و ۵۹ و ۳۴ طول شرقی ۳۲ و ۳۵ تا ۳۷ و ۲۶ عرض شمالی واقع شده است. مساحت این حوضه  $191510$  کیلومترمربع است که حدود  $64912$  کیلومترمربع را مناطق کوهستانی و  $126598$  آن را کوهپایه‌ها، دشت‌ها و کویرها تشکیل می‌دهد. شهرهای نیشابور، سبزوار، شاه‌رود، دامغان، سمنان، گرمسار، اسفراین، جویین، جاجرم، میامی، جندق و تردو در این حوضه قرار دارند. همچنین راه‌های اصلی تهران-مشهد، سبزوار-بجنورد و همچنین راه‌آهن تهران-مشهد در این حوضه



شرکت مدیریت منابع آب ایران



شکل 4- منحنی‌های همباران میانگین سالانه و ایستگاه‌های باران‌سنجی در محدوده مطالعاتی



## ۳. بررسی پدیده هیدروپلنینگ

همان‌گونه که اشاره شد، شکل‌گیری یک ورقه (فیلم) آب بر روی بستر ترافیکی و عدم زهکشی و دفع آن با سرعت کافی، می‌تواند برای وسایل نقلیه در حرکت خطرناک باشد. به این پدیده که هیدروپلنینگ یا آب‌پروازی گفته می‌شود که با خسارات جانی و مالی فراوانی همراه است.

هیدروپلنینگ پدیده پیچیده‌ای است که معمولاً جهت تعیین سرعت هیدروپلنینگ از ارتباط میان این پدیده و ضخامت ورقه آب تشکیل شده بر روی بستر ترافیکی استفاده می‌کنند. برای تخمین مقدار عمق آب تشکیل شده بر روی بستر ترافیکی، روابط متعددی وجود دارد که در این روابط نوعاً پارامترهایی نظیر شدت بارش، شیب طولی و عرضی راه، جنس و بافت بستر ترافیکی و نیز مشخصات چرخ اتومبیل وجود دارد. در ادامه، ابتدا مقادیر پارامترهای مذکور را تعیین و سپس بر اساس روابط معتبر، ضخامت ورقه آب و همچنین سرعت هیدروپلنینگ بحرانی را در آزادراه گرمسار-سمنان به ازای شدت بارش‌های متفاوت، به دست خواهیم آورد.

## ۴. تعیین شدت بارش

شدت بارش در واقع مقدار بارندگی در واحد زمان است و از حاصل تقسیم میزان بارش بر مدت یا تداوم بارش به دست می‌آید. تداوم بارش در واقع مدت زمان بین شروع و ختم بارندگی است که معمولاً واحد آن دقیقه یا ساعت می‌باشد. این زمان که تابعی از ابعاد حوضه آبریز و مشخصات منطقه طرح و نیز مقیاس پروژه می‌باشد، در بعضی از روش‌های تخمین دبی سیلاب، مانند روش استدلال (Rational)، معمولاً برابر با زمان تمرکز حوضه انتخاب می‌شود. زمان تمرکز از مهم‌ترین فاکتورهای فیزیکی حوضه است و عبارت است از حداکثر زمان حرکت ورقه‌ای آب در روی بستر ترافیکی از مرتفع‌ترین نقطه آسفالت تا ابتدای جوی (Ditch) کنار آزادراه.

طبق فرضیات روش استدلالی، حداکثر جریان وقتی حاصل می‌گردد که بارش برای زمانی معادل و یا بزرگتر از زمان تمرکز ادامه یابد. طبق توصیه مراجع فنی، حداقل زمان تمرکز برای حوضه‌های آبریز کوچک و ساده مانند تخلیه آب‌های سطحی سواره‌روها، برای سطوح رویه‌دار، ۵ دقیقه و برای سطوح بدون رویه، ۱۰ دقیقه در نظر گرفته شود [۲].



وزارت ترابری



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

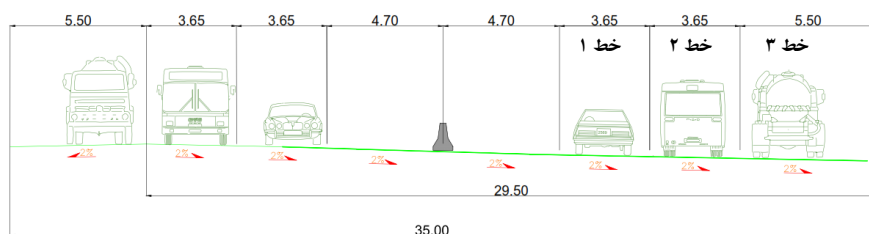


در اینجا جهت تعیین زمان تمرکز از رابطه پیشنهاد شده توسط (1986) SCS TR-55 مطابق زیر استفاده می‌شود [۸]:

$$t_c = \frac{\alpha}{P_2^{0.5}} \left( \frac{n.L}{\sqrt{S}} \right)^{0.8} \quad \text{رابطه (۱)}$$

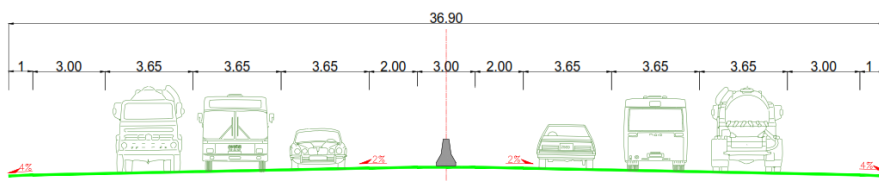
که در این رابطه  $L$  و  $S$  طول و شیب عرضی بستر ترافیکی می‌باشند.  $n$  ضریب مانینگ و  $P_2$  عمق باران ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۲ سال بوده و  $\alpha$  ضریب تبدیل واحد است که برای سیستم متریک برابر با مقدار ۵/۵ می‌باشد.

در این گزارش دو مقطع عرضی تیپ مطابق شکل ۳ و شکل ۴ برای آزادراه گرمسار-سمنان در نظر گرفته شده است. در مناطقی که جاده موجود امکان تعریض داشته، از مقطع عرضی نشان داده شده در شکل ۳ استفاده شده است و در مناطق جدیدالاحداث، مقطع عرضی تیپ آزادراه مطابق شکل ۴ می‌باشد. همان‌گونه که در شکل ۳ مشخص است، مقطع تیپ تعریض، دارای شیب عرضی یک طرفه بوده و از پتانسیل ایجاد جریان ورقه‌ای بیشتری برخوردار است. لذا بدیهی است که این مقطع شرایط بحرانی تری را به لحاظ پدیده هیدروپلنینگ ایجاد می‌نماید. بر اساس شکل مذکور، حداکثر طول و شیب عرضی بستر ترافیکی آزادراه در خط ۳ رخ می‌دهد که به ترتیب برابر با ۲۹/۵ متر و ۰/۰۲ در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۳- مقطع تیپ تعریض با میانه نیوجرسی





شکل ۴- مقطع تیپ احداث با میانه نیوجرسی

جهت محاسبه عمق باران ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۲ سال ( $P_2$ )، از آمار ایستگاه‌های باران‌سنجی موجود در محدوده طرح، مطابق جدول ۱ استفاده شده است که با توجه به شکل ۲، نزدیک‌ترین ایستگاه باران‌سنجی که دارای دوره آماری مناسب می‌باشد ایستگاه ایچ بوده و مقدار پارامتر  $P_2$  در این ایستگاه برابر با ۲۳/۶۵ میلی‌متر می‌باشد.

جدول ۱- مقدار باران ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۲ ساله در ایستگاه‌های محدوده طرح [۳]

| ردیف | نام ایستگاه | نام رودخانه | ارتفاع (m) | طول جغرافیایی (درجه - دقیقه - ثانیه) | عرض جغرافیایی (درجه - دقیقه - ثانیه) | $P_{24h, 2yr}$ (mm) |
|------|-------------|-------------|------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| ۱    | آبگرم سمنان | آبگرم       | 800        | 53-18-40                             | 35-35-49                             | 17.68               |
| ۲    | چنداب بشم   | اروانه      | 880        | 53-01-31                             | 35-42-45                             | 28.27               |
| ۳    | سرخه        | اروانه      | 1040       | 53-12-10                             | 35-38-11                             | 20.43               |
| ۴    | مهدیشهر     | گلرودبار    | 1150       | 53-21-07                             | 35-42-48                             | 30.79               |
| ۵    | ایچ         | لاسجد       | 1900       | 52-58-29                             | 35-28-38                             | 23.65               |
| ۶    | بنکوه       | حبله رود    | 1600       | 52-25-54                             | 35-18-19                             | 19.8                |
| ۷    | بشم بن      | کبیر        | 1700       | 53-16-29                             | 35-48-57                             | 27.02               |
| ۸    | چاشم        | کبیر        | 1800       | 53-15-30                             | 35-53-46                             | 30.00               |

بر این اساس و مطابق رابطه (۱)، زمان تمرکز برابر با ۵/۳۴ دقیقه به دست می‌آید که طبق توصیه مراجع فنی و در راستای اطمینان، برابر با ۵ دقیقه در نظر گرفته می‌شود. همچنین با توجه جدول ۲، دوره بازگشت باران طرح نیز برای آزادراه گرمسار-سمنان با سرعت طرح ۱۱۰ km/h، برابر با ۲۵ سال در نظر گرفته می‌شود.







جدول ۲- دوره بازگشت بارش طرح و سطح آب گرفتگی مجاز در راه‌های مختلف [۲]

| سطح آب فرشی مجاز  |            |                      | دوره بازگشت<br>بارش طرح |           | نوع راه یا بزرگراه                            |
|-------------------|------------|----------------------|-------------------------|-----------|-----------------------------------------------|
| استاندارد<br>محلی | نصف خط اول | شانه و خط<br>پارکینگ | ۱۰ سال                  | ۲۵<br>سال |                                               |
|                   |            | x                    |                         | x         | چند خطه با ترافیک بالا و سرعت بیشتر<br>از ۷۵  |
|                   | x          |                      | x                       |           | چند خطه با ترافیک بالا و سرعت کمتر<br>از ۷۵   |
|                   |            | x                    | x                       |           | راه‌های فرعی روستایی و سرعت کمتر از<br>۷۵     |
| x                 |            |                      | x                       |           | راه‌ها و خیابان‌های شهری و سرعت<br>کمتر از ۷۵ |

معمولاً شدت بارش بر اساس ارتباط میان شدت-مدت-فراوانی، مطابق رابطه (۲) تعیین می‌شود:

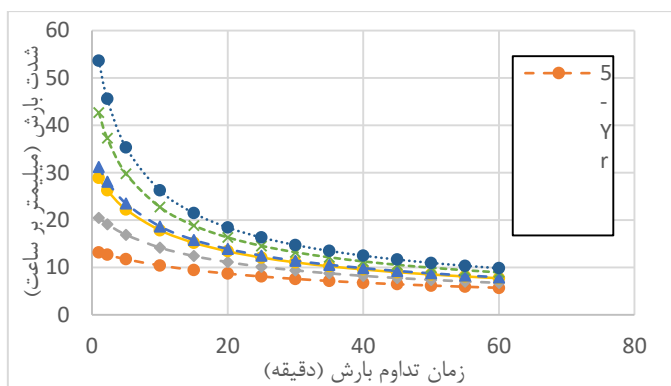
$$i = \frac{a}{(t + b)^c} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که:  $i$  شدت متوسط بارندگی و  $t$  زمان تداوم بارندگی است. ضرایب  $a$ ،  $b$  و  $c$  در رابطه فوق توسط سازمان هواشناسی کشور در ۵۸ ایستگاه دارای آمار باران سنجی ثبات ارائه شده است که در جدول ۳ این مقادیر برای ایستگاه سمنان نشان داده شده است. همچنین در شکل ۵، منحنی‌های IDF برای ایستگاه مذکور قابل مشاهده است.

جدول ۳- ضرایب رابطه (۲) برای ایستگاه سمنان [۲]

| ضرایب | دوره بازگشت (سال) |        |        |        |         |        |
|-------|-------------------|--------|--------|--------|---------|--------|
|       | ۲                 | ۵      | ۱۰     | ۲۰     | ۵۰      | ۱۰۰    |
| a     | 101.71            | 69.165 | 78.961 | 93.817 | 114.388 | 132.66 |
| b     | 75.777            | 16.944 | 9.241  | 6.215  | 3.995   | 3.236  |
| c     | 0.661             | 0.574  | 0.58   | 0.595  | 0.612   | 0.627  |





شکل ۵- منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی برای ایستگاه باران‌سنجی سمنان

## ۵. روابط تعیین ضخامت ورقه آب

ضخامت ورقه آب تشکیل شده بر روی بستر ترافیکی در زمان بارندگی، بستگی به شدت بارش، طول و شیب مسیر زهکشی و بافت سطح آسفالت دارد. در ادامه، معادلاتی که برای پیش‌بینی ضخامت ورقه آب توسط مراجع فنی پیشنهاد شده‌اند، ارائه شده است:

- رابطه ارائه شده توسط (British Road Research Laboratory (RRL):

$$d = 0.046 \frac{(L_f \cdot I)^{0.5}}{S^{0.2}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که  $d$  = عمق ورقه آب (میلی‌متر)،  $I$  = شدت بارش (میلی‌متر بر ساعت)،  $S$  = شیب مسیر زهکشی و  $L_f$  = طول مسیر زهکشی که دو پارامتر اخیر از روابط زیر به دست می‌آیند:

$$S = \sqrt{(S_L^2 + S_T^2)} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$L_f = L \frac{S}{S_T} \quad \text{رابطه (۵)}$$

که  $S_L$  = شیب طولی،  $S_T$  = شیب عرضی و  $L$  = عرض راه برحسب متر است.





• رابطه ارائه شده توسط Department of Transportation Texas:

$$d = 0.01485 \times (TXD)^{0.11} L_f^{0.43} I^{0.59} \left(\frac{1}{S_T}\right)^{0.42} - TXD \quad \text{رابطه (۶)}$$

که  $TXD$  = عمق بافت سطح آسفالت (معمولاً ۵/۵ میلی متر پیشنهاد می‌شود).

• رابطه تحلیلی بر پایه تئوری مانینگ و روش استدلالی

$$I = \left(\frac{35.7367}{C.n}\right) \left[\frac{S_T}{(S_T^2 + S_L^2)^{0.25}}\right] \cdot \left(\frac{d^{1.67}}{L}\right) \quad \text{رابطه (۷)}$$

که  $n$  = ضریب مانینگ (مطابق جدول ۴) و  $C$  = ضریب رواناب بستر ترافیکی است که برای آسفالت بین ۷/۰ تا ۹۵/۰ پیشنهاد می‌شود که در اینجا برابر با ۹۵/۰ در نظر گرفته می‌شود. لازم به توضیح است که در رابطه اخیر، مقدار  $d$  با سعی و خطا به دست می‌آید.

• رابطه تجربی بکار رفته در نرم افزار [PAVDRN]:

$$d = 25.394 \times \frac{0.003726 \times L^{0.519} I^{0.562} MTD^{0.125}}{S^{0.364}} - MTD \quad \text{رابطه (۸)}$$

که  $MTD$  = متوسط عمق بافت سطحی می‌باشد که مطابق جدول ۴ به دست می‌آید.

جدول ۴- پارامترهای زیری تیپ بسترهای ترافیکی [NCHRP, 1998]

| نوع بستر ترافیکی                       | MTD (mm) | ضریب مانینگ |
|----------------------------------------|----------|-------------|
| Portland Cement Concrete Surface (PCC) | ۰/۹۱     | ۰/۰۳۱       |
| Dense-Graded Asphalt Concrete (DGAC)   | ۰/۹۱     | ۰/۰۳۲۷      |
| Open-Graded Friction Course (OGFC)     | ۱/۵      | ۰/۰۳۵۵      |





• رابطه ارائه شده توسط New Zealand Road Research Laboratory:

$$d = 0.046 \times L^{0.5} \times I^{0.5} \times (1/S)^{0.2} - MTD \quad \text{رابطه (۹)}$$

۶. نتایج روابط محاسبه عمق ورقه آب

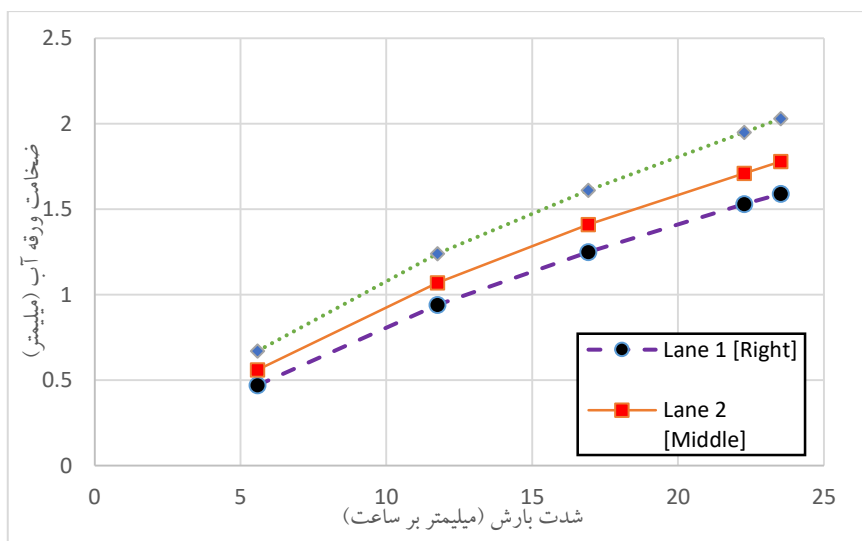
نتایج استفاده از روابط فوق جهت محاسبه عمق ورقه آب تشکیل شده بر روی بستر ترافیکی تحت اثر بارش طرح به ازای دوره بازگشت‌های مختلف، در منبع ارائه شده است. مشاهده می‌شود که بیشترین عمق ورقه آب در خط شماره ۳ و به ضخامت ۲/۰۳ میلی‌متر تشکیل شده است که مربوط به شدت بارش با دوره بازگشت ۲۵ سال می‌باشد. شکل ۶ میزان ضخامت‌های آب تشکیل شده بر روی خطوط ترافیکی مختلف را به ازای شدت باران با دوره بازگشت‌های مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۵- نتایج روابط بکار گرفته شده برای تعیین ضخامت ورقه آب تشکیل شده بر روی بستر

ترافیکی (میلی‌متر)

| T (Yr.) | I (mm/hr.) | Water Film Thickness (mm) |              |               |
|---------|------------|---------------------------|--------------|---------------|
|         |            | lane 1 [Right]            | lane 2 [mid] | lane 3 [Left] |
| 2       | 5.58       | 0.47                      | 0.56         | 0.67          |
| 5       | 11.75      | 0.94                      | 1.07         | 1.24          |
| 10      | 16.92      | 1.25                      | 1.41         | 1.61          |
| 20      | 22.27      | 1.530                     | 1.710        | 1.950         |
| 25      | 23.53      | 1.59                      | 1.78         | 2.03          |





شکل ۶- ضخامت ورقه آب در خطوط مختلف ترافیکی به ازای شدت بارش با دوره بازگشت‌های مختلف

## ۷. تعیین سرعت هیدروپلنینگ

روش اصلی در تعیین سرعت هیدروپلنینگ در شرایطی که ورقه آبی بر روی بستر ترافیکی تشکیل شده باشد، بر پایه مطالعات Gallaway et al. (1979) می‌باشد. این روش به دو رابطه (۱۰) و (۱۱) تقسیم می‌شود [۵]:

برای شرایطی که عمق ورقه آب کمتر از ۲/۴ میلی‌متر باشد:

$$V = 96.3 \times d^{-0.259} \quad \text{رابطه (۹)}$$

و برای شرایطی که عمق ورقه آب بیشتر از ۲/۴ میلی‌متر باشد:

$$V = 4.94 \times A \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

که  $V$  = سرعت شروع هیدروپلنینگ برحسب کیلومتر بر ساعت است و  $A$  برابر با بزرگترین مقدار دو رابطه (۱۱) و (۱۲) می‌باشد:



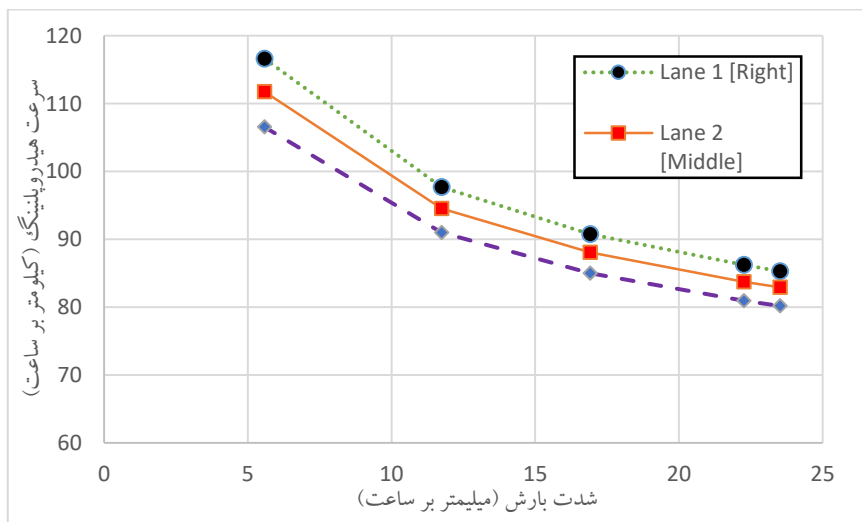
$$\left[ \frac{12.64}{t^{0.06}} + 3.507 \right]$$

رابطه (۱۱)

$$\left[ \frac{35.15}{t^{0.06}} - 7.817 \right] (0.0393 \times MTD)^{0.14}$$

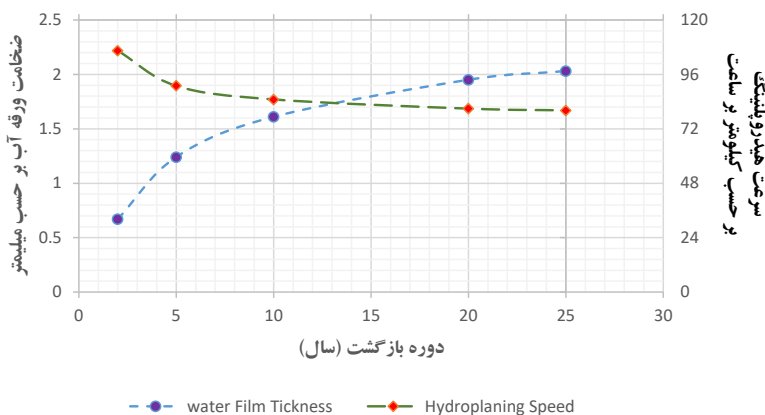
رابطه (۱۲)

بر اساس روابط اخیر، سرعت شروع هیدروپلنینگ در خطوط ترافیکی مختلف به ازای شدت بارش‌های متفاوت در شکل ۷ نشان داده شده است. همچنین شکل ۸ سرعت هیدروپلنینگ و عمق ورقه آب در خط ترافیکی بحرانی (خط شماره ۳) را به ازای باران با دوره بازگشت‌های مختلف، نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که بیشترین مقدار سرعت هیدروپلنینگ مربوط به خط ترافیکی شماره ۱ در شرایط باران معمول (دوره بازگشت ۲ سال) است. بحرانی‌ترین حالت در خط شماره ۳ و در باران با دوره بازگشت ۲۵ سال اتفاق می‌افتد که در این شرایط سرعت هیدروپلنینگ برابر با ۸۰/۱۶ کیلومتر بر ساعت می‌باشد. برای بارش‌های متداول، سرعت هیدروپلنینگ در این خط ترافیکی برابر با ۱۰۶/۵۴ کیلومتر بر ساعت می‌باشد که تفاوت زیادی با سرعت طرح آزادراه ندارد.



شکل ۷- سرعت هیدروپلنینگ در خطوط مختلف ترافیکی به ازای شدت بارش با دوره بازگشت‌های مختلف





شکل ۸- سرعت هیدروپلنینگ و ضخامت ورقه آب در خط بحرانی (خط ۳) در دوره بازگشت‌های مختلف باران

نکته‌ای که در خصوص استفاده از رابطه (۱۰) وجود دارد این است که آزمایشات انجام شده برای به دست آوردن این معادلات، تحت فشار باد تایر (tire inflation pressure) برابر با ۱۶۵/۵ KPa انجام شده که برای تایرهای با استاندارد ASTM E 501 و ASTM E 524 مناسب است. با این حال چنانچه بخواهیم محدوده گسترده‌تری از وسایل نقلیه را در نظر بگیریم، استفاده از جدول ۷ برای تعیین سرعت هیدروپلنینگ توصیه می‌شود.

جدول ۷- سرعت هیدروپلنینگ با تغییرات عمق ورقه آب و فشار چرخ اتومبیل

| فشار باد تایر (KPa) | سرعت هیدروپلنینگ (km/h)  |        |        |        |        |
|---------------------|--------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                     | ضخامت ورقه آب (میلی‌متر) |        |        |        |        |
|                     | ۱۰                       | ۷      | ۵      | ۳      | ۱      |
| ۱۸۶                 | ۸۴/۴۹                    | ۸۶/۹   | ۸۹/۶۸  | ۹۳/۳۸  | ۹۶/۴۱  |
| ۲۵۰                 | ۹۷/۹۶                    | ۱۰۰/۷۵ | ۱۰۳/۹۷ | ۱۰۸/۲۶ | ۱۱۱/۷۷ |
| ۵۰۰                 | ۱۳۸/۵۳                   | ۱۴۲/۴۸ | ۱۴۷/۰۳ | ۱۵۳/۱۱ | ۱۵۸/۰۷ |
| ۷۵۰                 | ۱۶۹/۷۵                   | ۱۷۴/۵۹ | ۱۸۰/۱۶ | ۱۸۷/۶۱ | ۱۹۳/۶۹ |
| ۱۰۰۰                | ۱۹۶/۱۱                   | ۲۰۱/۷۱ | ۲۰۸/۱۴ | ۲۱۶/۷۵ | ۲۲۳/۷۶ |
| ۱۵۰۰                | ۲۴۲/۴۶                   | ۲۴۹/۳۸ | ۲۵۷/۳۴ | ۲۶۷/۹۸ | ۲۷۶/۶۵ |
| ۲۰۰۰                | ۲۸۲/۶                    | ۲۹۰/۶۷ | ۲۹۹/۹۴ | ۳۱۲/۳۴ | ۳۲۲/۴۶ |





## ۸. نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی اثر شدت بارش بر پدیده هیدروپلنینگ در آزادراه گرمسار-سمنان پرداخته شد. برای این کار شدت بارش با دوره بازگشت‌های مختلف، بر مبنای منحنی‌های IDF ایستگاه هواشناسی سمنان تعیین گردید و سپس با استفاده از روابط مختلف، ضخامت ورقه آب تشکیل شده بر روی بحرانی‌ترین بستر ترافیکی این آزادراه محاسبه گردید. بدین ترتیب و با استفاده از رابطه میان سرعت هیدروپلنینگ و عمق ورقه رواناب سطحی بر روی بستر ترافیکی، سرعت بحرانی در این آزادراه به ازای شدت بارندگی‌های مختلف تعیین شد. نتایج این مقاله نشان می‌دهد که در بارش‌های با دوره بازگشت ۲ سال (بارش‌های معمول)، تفاوت چندانی میان سرعت طرح و سرعت هیدروپلنینگ وجود ندارد. لیکن در زمان بارش طرح (باران با دوره بازگشت ۲۵ سال)، بیشینه سرعت مجاز در خط ۳ آزادراه مذکور (بحرانی حالت)، حداکثر برابر با  $80 \text{ km/h}$  می‌باشد.

## ۹. مراجع

- [1]- خدایی، ع.، دهناد، س. (۱۳۹۰). "حساسیت مخلوط‌های آسفالتی در برابر آب و بررسی پدیده هیدروپلنینگ". ششمین کنگره ملی مهندسی عمران دانشگاه سمنان، ایران.
- [2]- راهنمای طراحی و اجرای سیستم زهکشی آب‌های سطحی و زیرسطحی راه، راه‌آهن، و فرودگاه (۱۳۸۳). پژوهشکده حمل‌ونقل، وزارت راه و ترابری.
- [3]- گزارش مطالعات مرحله اول پروژه آزادراه حرم تا حرم (۱۳۹۱). "مهندسی مشاور طاه‌ها، قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء (ص)".
- [4]-Chu, L., F.Fwa, T., P.Ong, G. (2015). "Evaluating Hydroplaning Potential of Rutted highway Pavment." Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies 11: 1613-1622.
- [5]-Gunaratne, M., Lu, Q., Yang, J. (2012). "Hydroplaning on Multi Lane Facilities." Florida Department of Transportation.
- [6]-Guo, X.-X., Zhang, C., Cui, B.-X., Wang, D., Tsai, J. (2013). "Analysis of Impact of Transvers Slope on Hydroplaning Risk Level." Procedia-Social and Behavioral Sciences 96: 2310-2319.
- [7]-Huebner, R. S. (1997). "PAVDRN: Computer Model for Predicting Water Film Thickness and Potential for Hydroplaning on New and Reconditioned Pavments." Transportation Research Journal of the Transportation Research Board.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت ترابری  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

[8]—Hydraulic—Design—Series—No.2, H. —H. (2002). "Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation."

[9]—Junior, F. I. K., Suzuki, C. Y., Trentin, L. C. (2011). "Case—Studies of Influence in Rainfall Intensity on Safety Condition." 12th International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre / Brazil.

[10]—National Highway Traffic Safety Administration [NHTSA] (2004).

[11]—Sung, M. —F., Chen, C. —F., Chen, C. —J. (2015). "Using the CFD Technique to Analysis Tire Tread hydroplaning Effects." Asian Journal of Engineering and Technology 3 (3): 151—157.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01080076

## آشکارسازی بارش سنگین به کمک نقشه‌های همدید وضع هوا؛ مورد مطالعه: بارش سنگین در شمال غرب ایران در تاریخ ۱۳۹۶/۱/۲۵

فاطمه متولی میدان‌شاه<sup>۱</sup>، مهشید کاویانی<sup>۲</sup>، سید مجید میررکنی<sup>۱</sup>

۱- دانشکده فیزیک، دانشگاه یزد، صفاییه، یزد.

۲- سازمان هواشناسی ایران، خیابان معراج، تهران و گروه فیزیک فضا، موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، انتهای خیابان کارگر شمالی، تهران.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

### چکیده:

بارش سنگین، بارش تجمعی بیش از ۳۰ میلی‌متر در ۲۴ ساعت است. بارش‌های سنگین از جمله پدیده‌های مهم جوی هستند که با ایجاد سیلاب و آب‌گرفتگی در مناطق شهری، خسارات جانی و مالی زیادی به کشور وارد می‌کنند. تحلیل همدید یک روش مناسب برای آشکارسازی بارش سنگین و در نهایت جلوگیری از ایجاد سیل است. در پژوهش حاضر، بارش سنگین به کمک داده‌های سرعت قائم، دمای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، رطوبت نسبی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، ارتفاع ژئوپتانسیلی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، باد افقی در ترازهای ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال و تصاویر ماهواره‌ای کانال بخار آب، آشکار شده است. نتایج نشان می‌دهند که فرارفت رطوبت، حرکات صعودی، کوهساری شمال غرب ایران و ذوب برف عوامل رخداد بارش سنگین هستند.

کلمات کلیدی: بارش سنگین، سیلاب، آشکارسازی، تحلیل همدید و وضع هوا.



## مقدمه

یکی از پراسنجهای مهم در پژوهش‌های هواشناسی و اقلیم‌شناسی بارش است [۱]. بارش حاصل برهمکنش‌های دینامیکی و همدید پیچیده‌ای در جو است. در میان بارش‌هایی که در هر منطقه رخ می‌دهد، بارش‌های سنگین به منزله رخداد فرین به‌شمار می‌آیند [۲]. رخدادهای فرین شامل سیل و سیلاب، طوفان، زلزله، سرمازدگی و ... نیز هستند که غالباً خسارات مالی و جانی بسیاری به مناطق وارد می‌کنند [۳]. لذا شناخت و درک صحیح از این رویدادها از جمله بارش‌های سنگین، از اهمیت بسزایی برخوردار است و در بررسی عوامل خشکسالی و سیلاب در یک توزیع مکانی خاص بسیار مهم است [۴]. همچنین آشکارسازی صحیح بارش‌های سنگین می‌تواند از عوامل مؤثر در تصمیم‌گیری، طراحی، ارزیابی مدل‌های آب‌شناسی و نیز مدیریت و برنامه‌ریزی شهری مبتنی بر منابع آبی، به شمار رود و باعث کاهش خسارات ناشی از سیلاب شهری شود [۵]. از دیدگاه نظری بارش سنگین، بارش تجمعی بیش از ۳۰ میلی‌متر در ۲۴ ساعت است [۶]. اما با توجه به اقلیم، کوهساری و موقعیت جغرافیایی در مناطق مختلف ایران، معیارها و آستانه‌های مختلفی برای بارش‌های سنگین و فوق سنگین در نظر گرفته شده است [۷].

شناسایی و بررسی بارش‌های سنگین و به‌طور کلی هر پدیده هواشناسی شامل دو بخش الف- آشکارسازی و ب- کیفی سازی است. در بخش آشکارسازی که در آن از تحلیل‌های همدید و آماری استفاده می‌شود، توجه پژوهشگران زیادی را به خود جلب کرده است از جمله: رابرت و همکارانش (۱۹۹۸) دریافتند که در فصل تابستان ایالت یوتا آمریکا انتقال رطوبت از اقیانوس اطلس در ایجاد بارش‌های سنگین این منطقه حائز اهمیت است [۸]. در پژوهشی دیگر، با تحلیل همدید بارش‌های سنگین در غرب کشور به این نتیجه دست یافتند که سامانه کم‌فشار دریای مدیترانه و زبانه کم‌فشار سودانی باعث بارندگی‌های شدید شدند که دریای مدیترانه، دریای سیاه و دریای سرخ در تقویت این سامانه‌ها نقش قابل توجهی دارند [۹]. در تحلیل همدید با استفاده از نقشه‌های هم‌فشار سطح زمین و هم‌فشار تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و با تحلیل فیزیکی جو با استفاده از نمودارهای تفی‌گرام، این نتیجه حاصل شد که گسترش سامانه پرفشار سبیری طی فصل گرم سال هم‌زمان با همرفت هوای گرم و مرطوب جنوبی باعث ایجاد ناپایداری شدید هوا به‌طور غیرمنتظره شده است [۱۰].





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

در بخش کیفی سازی پدیده‌های هواشناختی از تحلیل دینامیکی استفاده می‌شود. این روش نیز در پژوهش‌ها و مطالعات زیادی به کار رفته است از جمله: کومار و همکاران (۲۰۰۸) بارش سنگین ۲۶ ژوئیه سال ۲۰۰۵ (روز ۱۳۸۴/۵/۴) بمبئی را به کمک مدل پژوهشی و پیش‌بینی هوا بررسی کردند [۱۱]. این مدل هسته‌های قوی اما کوتاه‌مدتی را در حرکات صعودی بزرگ مقیاس شبیه‌سازی می‌کند. تحلیل این هسته‌ها نشان داد که منبع رطوبت این سامانه‌ها در جریان‌های شمال و شمال غربی و با منشأ دریای عرب بوده است. در پژوهشی دیگر، الگوهای دینامیکی و همدید بارش‌های سنگین در جنوب غرب خزر و غرب ایران (بارش مورخ ۱۳۸۳/۸/۱۴) مورد بررسی قرار گرفت [۱۲]. با تحلیل فضایی دماها و بارش‌های بحرانی روزانه ایران نشان داده شد که در هر نقطه‌ای از کشور حداقل یک شاخص اقلیمی دچار بحران است [۱۳]. در نمونه دیگری از مطالعات با داده‌کاوی گردش‌های جوی، نقش الگوهای بندالی در ایجاد بارش‌های شمال شرق ایران مورد بررسی قرار گرفت [۱۴].

هدف از پژوهش حاضر، آشکارسازی بارش سنگین در منطقه شمال غرب ایران به کمک نقشه‌های همدید وضع هوا و تصاویر ماهواره‌ای کانال بخار آب است که برای مطالعه موردی روز ۲۵ فروردین ۱۳۹۶ در نظر گرفته شده است. در قسمت بعدی، داده‌ها و روش مورد استفاده توضیح داده می‌شود. سپس در قسمت تحلیل، نقشه‌های همدید و تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرند و در نهایت نتایج پژوهش ارائه می‌گردد.

### داده‌ها و روش‌ها

در پژوهش حاضر، به منظور آشکارسازی بارش سنگین در منطقه شمال غرب ایران، از داده‌های سرعت قائم (امگا)، دمای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، رطوبت نسبی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، ارتفاع ژئوپتانسیلی ۵۰۰ هکتوپاسکال، میدان باد افقی در ترازهای ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال و تصاویر ماهواره‌ای کانال بخار آب استفاده شده است.

تصاویر کانال بخار آب برای ارزیابی میزان رطوبت بین ترازهای ۳۰۰ الی ۶۰۰ هکتوپاسکال کاربرد دارد. به وسیله این تصاویر می‌توان ابرهای تراز میانی و بالایی جو، قله ابر کومولونیمبوس و طوفان‌ها را مشاهده کرد.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سونلج طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

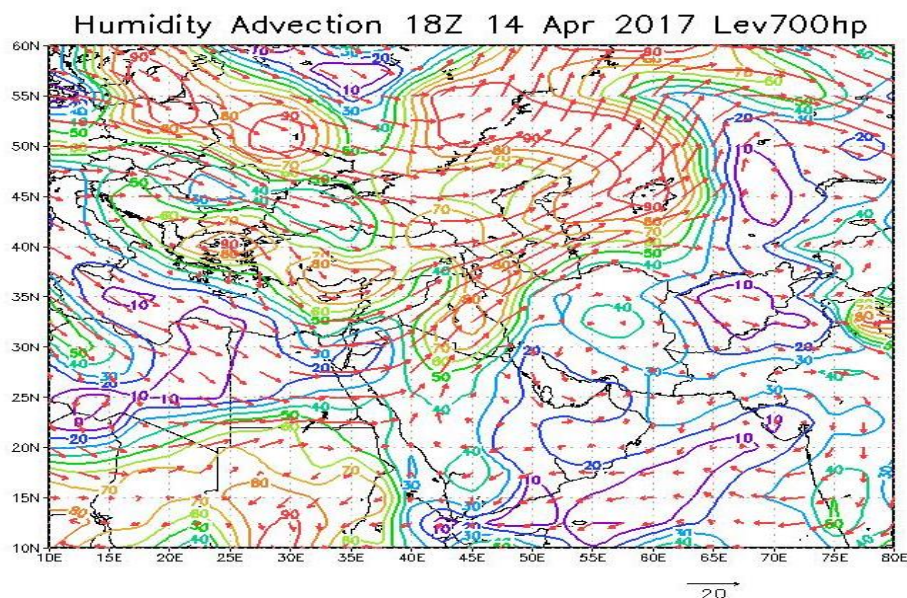
سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦♦♦ info@ifmc.ir ♦♦♦  
www.ifmc.ir ♦♦♦ ۲۳ و ۲۲ آبان‌ماه ۱۳۹۶



داده‌ها از وب‌گاه NCEP/NCAR در روز ۱۴ آوریل ۲۰۱۷ معادل ۲۵ فروردین ۱۳۹۶ در ساعت UTC ۱۸ اخذ و با استفاده از نرم‌افزار GRADS نقشه‌های سرعت قائم، ارتفاع ژئوپتانسیلی، فرافرت دما و فرافرت رطوبت در ترازهای مناسب رسم شده است. سپس به روش همدید عوامل مؤثر بر رخداد بارش سنگین و ایجاد سیلاب در منطقه مورد مطالعه، بررسی شده است.

## بحث و تحلیل

در رخداد بارش عوامل بسیاری دخیل هستند و استمرار و شدت این عوامل در یک منطقه امکان بارش سنگین را فراهم می‌سازد. وجود بودجه رطوبتی مناسب و حرکات صعودی، شرایط لازم برای بارش هستند. لذا در شکل ۱، نقشه مقادیر رطوبت نسبی و باد در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال رسم شده است.



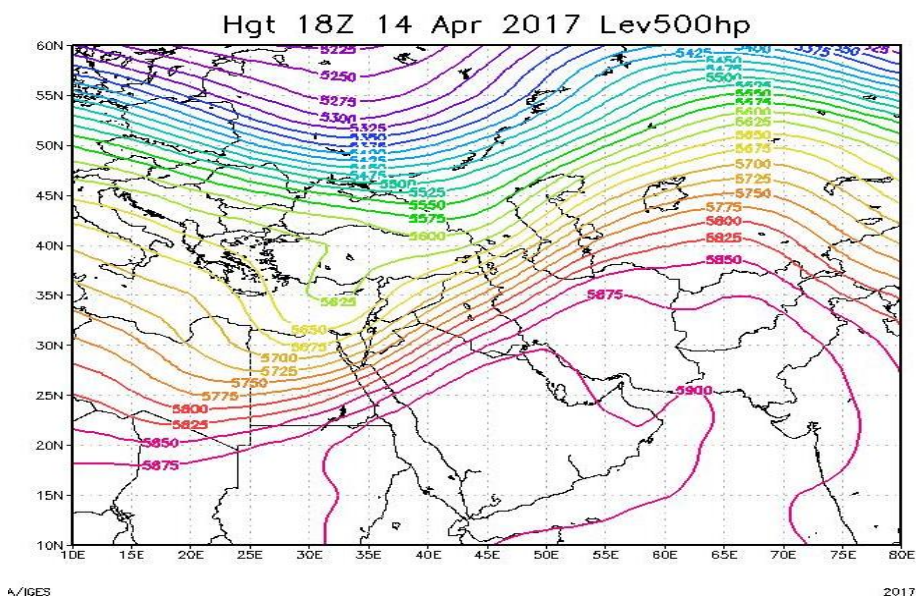
شکل ۵. رطوبت نسبی و میدان باد افقی در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۲۵ فروردین ۱۳۹۶ در

ساعت UTC ۱۸





این نقشه ضمن بررسی بودجه رطوبتی در منطقه شمال غرب ایران، منشأ رطوبت را نیز مشخص می‌کند. از سوی دیگر، شکل‌های ۲ تا ۴ امکان حرکت صعودی را نمایش می‌دهند. شکل ۲، ارتفاع ژئوپتانسیلی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، شکل ۳ فرارفت دما در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و شکل ۴ پربندهای سرعت قائم را نشان می‌دهد. شایان ذکر است که واگرایی میدان باد افقی در جریان سوی ناوه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، فرارفت گرم در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و مقادیر منفی سرعت قائم در ترازهای فوقانی منجر به حرکات صعودی می‌گردد.



IGES

2017

شکل ۶. ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۲۵ فروردین ۱۳۹۶ در ساعت UTC



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران





وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب

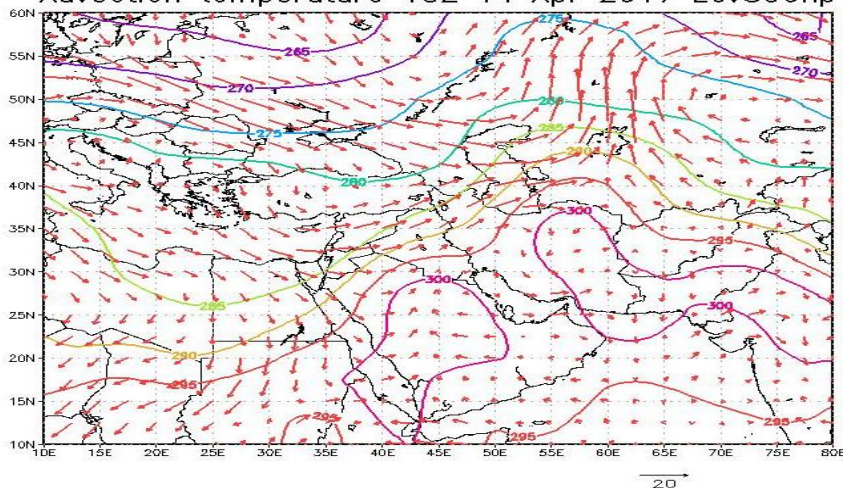


پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

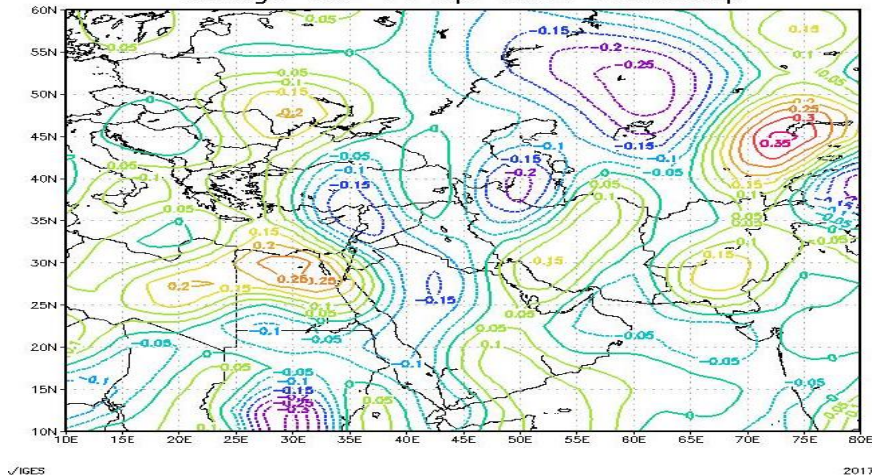
Advection temperature 18Z 14 Apr 2017 Lev850hp



شکل ۷. دما و میدان باد افقی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۲۵ فروردین ۱۳۹۶ در

ساعت ۱۸ UTC

Omega 18Z 14 Apr 2017 Lev500hp



شکل ۸. سرعت قائم (امگا) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۲۵ فروردین ۱۳۹۶ در ساعت UTC



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

با توجه به آنچه ذکر شد، در منطقه شمال غرب ایران در تاریخ ۲۵ فروردین ۱۳۹۶، رطوبت همراه با جریانات غربی و جنوب غربی به ترتیب از دریای مدیترانه و دریای سرخ وارد شده و بودجه رطوبتی مناسبی را برای بارش فراهم آورده است و آن چنان که شکل ۱ نشان می‌دهد رطوبت نسبی بالا (۸۰ درصد) در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۱۸ UTC در این منطقه وجود دارد. قرار گرفتن منطقه مورد مطالعه در جریان سوی ناوه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۲)، فرارفت هوای گرم توسط باد جنوب غربی (شکل ۳) و مقادیر منفی سرعت قائم (شکل ۴) حرکت صعودی را در شمال غرب ایران به همراه دارد. شکل ۵ تصاویر ماهواره‌ای کانال بخار آب در شش ساعت متوالی را نشان می‌دهد.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سواحل طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

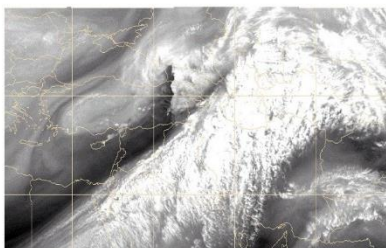
موسسه تحقیقات آب



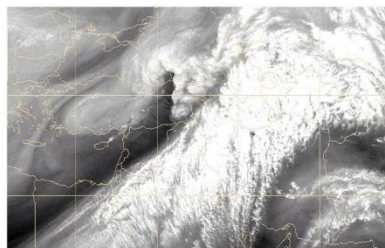
پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



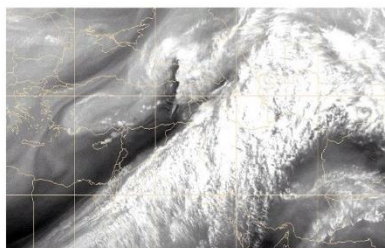
(ب) ۱۲ UTC



(الف) ۱۱ UTC



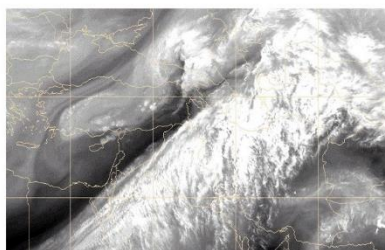
(د) ۱۴ UTC



(ج) ۱۳ UTC



(و) ۱۶ UTC



(ه) ۱۵ UTC

شکل ۹. تصاویر ماهواره‌ای کانال بخار آب در ۲۵ فروردین ۱۳۹۶ در ساعات ۱۱ UTC (الف)، ۱۲ UTC (ب)، ۱۳ UTC (ج)، ۱۴ UTC (د)، ۱۵ UTC (ه) و ۱۶ UTC (و)



این تصاویر مربوط به ترازهای بالای ۶۰۰ هکتوپاسکال است. مناطق سفید معرف رطوبت و مناطق سیاه معرف مناطق خشک و فاقد رطوبت است. مناطق سفید می‌توانند دارای برهمکنش‌های دینامیکی و حرکات صعودی و تاوایی پتانسیل مثبت باشند. در تصاویر کانال بخار آب حرکات کامل جو و حرکات جت استریم‌ها قابل شناسایی است.

شکل ۵، بیانگر استمرار جبهه سرد و جت استریم در ساعات متوالی در منطقه شمال غرب ایران است. نقشه‌های وضع هوا و تصاویر ماهواره‌ای در ساعات بعد نیز مورد بررسی قرار گرفته است ولی برای رعایت اختصار نشان داده نشده‌اند.

بنابراین شدت هر یک از عوامل و استمرار آن‌ها در ساعات متوالی به همراه عوامل مؤثر بر استمرار بارش سنگین از دیدگاه دینامیکی و ترمودینامیکی شامل کوهساری منطقه شمال غرب ایران و ذوب برف در ارتفاعات این منطقه در فصل بهار امکان رخداد بارش سنگین و وقوع سیل را در تاریخ ۲۵ فروردین ۱۳۹۶ فراهم آورده‌اند.

## نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، رخداد بارش سنگین در منطقه شمال غرب ایران در تاریخ ۲۵ فروردین ۱۳۹۶ به کمک نقشه‌های همدید وضع هوا آشکار شده است. با بررسی نقشه‌های سرعت قائم، ارتفاع ژئوپتانسیلی، فرارفت دما و فرارفت رطوبت در ترازهای مناسب و تصاویر ماهواره‌ای کانال بخار آب، عوامل رخداد بارش سنگین و سیل شناسایی شد. نتایج حاصل از شکل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ در ساعت ۱۸ UTC نشان‌دهنده این است که رطوبت نسبی بالا در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱)، جریان سوی ناوه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۲)، فرارفت هوای گرم توسط باد غربی (شکل ۳) و مقادیر منفی سرعت قائم (شکل ۴) امکان رخداد بارش سنگین در منطقه شمال غرب ایران را فراهم می‌کنند. همچنین با توجه به تصاویر ماهواره‌ای استمرار طولانی مدت جبهه سرد و کوهساری در این منطقه از عوامل مهم رخداد سیل در آذرشهر به شمار می‌روند.

لذا، شدت و استمرار عوامل دینامیکی و ترمودینامیکی شامل کوهساری و ذوب برف در ارتفاعات این منطقه در فصل بهار امکان رخداد بارش سنگین و وقوع سیل را در تاریخ ۲۵ فروردین ۱۳۹۶ فراهم آورده‌اند.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



وزارت جهاد کشاورزی



شرکت مدیریت منابع آب ایران





## مراجع

- [1]. Salby, M. L.; "Fundamentals of Atmospheric Physics"; Academic Press. (1996) 443.
- [2]. Mason S. J., and Coauthors; "Changes in extreme rainfall events in South AFRECA"; Climate Change 41, (1999) 249-257.
- [۳]. مختاری، سمیه. (۱۳۸۸)، "راه کارهای کنترل سیلاب"، فصلنامه مسکن و محیط روستا.
- [4]. Chu P. S., and Coauthors; "Extreme Rainfall Events in the Hawaiian Island"; Journal of Applied Meteorology and Climatology 48, (2009) 502-516.
- [۵]. متولی، فاطمه. کاویانی، مهشید. میرکنی، سید مجید. (۱۳۹۴). "پهنه‌بندی بازندگی سالانه به کمک تحلیل مؤلفه اصلی (مورد مطالعه: سواحل جنوبی دریای خزر)"، کنفرانس ملی هواشناسی ایران.
- [۶]. قویدل رحیمی، یوسف؛ حاتمی، داریوش. (۱۳۹۵)، "تحلیلی از اوضاع جوی بارش سنگین منجر به مخاطره سیل ۸ اسفند ۱۳۸۸ ایوان غرب"؛ فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، سال ۱۶، شماره ۵۵، صفحات ۱۶-۱.
- [۷]. علیجانی، بهلول؛ خسروی، محمود؛ اسمعیل‌نژاد، مرتضی؛ (۱۳۸۹)، "تحلیل همدیدی بارش سنگین ششم ژانویه ۲۰۰۸ در جنوب شرق ایران"؛ نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال اول، شماره ۳ و ۴.
- [8]. Robert. P., and Coauthors; "Investigation of upper-air conditions occurring with heavy summer rain in Utah"; International Journal of climatology 18, (1998) 701-723.
- [۹]. عزیزی، قاسم؛ نیری، معصومه؛ رستمی جلیلیان، شیما؛ (۱۳۸۸)، "تحلیل سینوپتیک بارش‌های سنگین در غرب کشور"؛ فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال اول، شماره ۴.
- [۱۰]. موسوی بایگی، محمد. اشرف، بتول. (۱۳۸۹)، "بررسی و مطالعه نمایه قائم هوای منجر به بازندگی‌های مخرب تابستانه (مطالعه موردی: مشهد)"، نشریه آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۵.
- [11]. Kumar A., and Coauthors; "Analysis of the 26 July 2005 heavy rain event over Mumbai, India using the Weather Research and Forecasting (WRF) model"; Q. J. R. Meteorology Soc. 134, (2008) 1897-1970.
- [۱۲]. یاراحمدی، داریوش؛ مریانجی، زهره؛ (۱۳۹۰)، "تحلیل الگوی دینامیکی و همدیدی بارش‌های سنگین در جنوب غرب خزر و غرب ایران"؛ پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۶.
- [۱۳]. علیجانی، بهلول؛ (۱۳۹۰)، "تحلیل فضایی دماها و بارش‌های بحرانی روزانه در ایران"؛ نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۱۷، شماره ۲۰، صفحات ۳۰-۹.
- [۱۴]. عزیزی، قاسم؛ نبوی، امید؛ میری، مرتضی؛ (۱۳۹۱)، "داده کاوی گردش‌های جوی برای بررسی نقش الگوهای بندالی در ایجاد بارش‌های شمال شرق ایران"؛ پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۴، شماره ۳، صفحات ۱۲۶-۱۰۹.





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01130086

## تحلیل فراوانی وقوع و شبیه‌سازی سیلاب رودخانه کوتر با استفاده از نرم‌افزارهای HEC-GeoRAS، HEC-RAS، GIS، EasyFit

سید جمیل قادری<sup>۱\*</sup>، سید محسن قادری<sup>۲</sup>

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، گروه عمران مهاباد؛ Ghaderi.jamil@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد واحد مهاباد، گروه عمران مهاباد؛ Ghaderimohsen203@gmail.com



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

### چکیده:

در این تحقیق با انتخاب موردی بازه مطالعاتی رودخانه کوتر به تحلیل فراوانی سیلاب به کمک نرم‌افزار EasyFit پرداخته و حداکثر دبی سیل با دوره بازگشت‌های مختلف تعیین گردیده است. با توجه به آزمون‌های کای اسکوتر، آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و آندرسون دارلینگ، توزیع گامبل به عنوان توزیع برتر انتخاب گردید. پس از انجام آزمون نیکویی-برازش و انتخاب بهترین توزیع آماری حداکثر سیلاب‌های لحظه‌ای با دوره بازگشت‌های ۲، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ساله تولید گردید و با بهره‌گیری از نقشه‌های توپوگرافی، مدل TIN و DEM محدوده طرح در محیط نرم‌افزار GIS تهیه شد. پس از ترسیم مقاطع عرضی رودخانه در محیط نرم‌افزار HEC-GeoRAS و وارد کردن مقادیر سیلاب برآورد شده به نرم‌افزار HEC-RAS، شبیه‌سازی سیلاب انجام گردید و نقشه‌های پهنه‌بندی سیل برای رودخانه کوتر تهیه گردید. نتایج نشان داد، با افزایش سطح مقطع جریان، ارتفاع سطح آب و سرعت جریان آب کاهش و با افزایش دوره بازگشت سیل، ارتفاع سطح آب در هر مقطع عرضی افزایش می‌یابد. نتایج این پژوهش نحوه گسترش پهنه‌های سیلابی در بازه مورد مطالعه را به خوبی نشان می‌دهد و ضمن تأیید کارایی مدل‌های HEC-RAS، GIS، EasyFit، HEC-GeoRAS کاربرد آن‌ها را در برنامه‌ریزی‌های مدیریت توسعه مناطق مسکونی توصیه می‌نماید.

کلمات کلیدی: رودخانه کوتر، فراوانی وقوع و شبیه‌سازی سیلاب، HEC-GeoRAS، GIS، EasyFit، HEC-RAS.

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



## ۱. مقدمه

رودخانه کوتر که در بالادست سد مخزنی مه‌آباد واقع شده است، یکی از شاخه‌های اصلی شبکه هیدروگرافیک حوضه آبریز سد مه‌آباد بوده که در تأمین و ذخیره‌سازی آب این سد اهمیت بسیاری دارد؛ بنابراین شناخت رفتار هیدرولیکی این رودخانه و شبیه‌سازی و پهنه‌بندی سیلاب‌های آن و همچنین مشخص کردن حدود بستر و حریم رودخانه کوتر به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع آب‌های سطحی حوضه آبریز سد مه‌آباد ضروری و حائز اهمیت است. نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب در مطالعات مدیریت سیلاب دشت کاربردهای فراوانی دارد و امروزه این نقشه‌ها یکی از مطالعات اساسی در مطالعات طرح‌های عمرانی به حساب می‌آید. پهنه‌بندی سیل با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی یکی از راهکارهای غیرسازه‌ای و یکی از ابزارهای بسیار کارآمد در مدیریت کاهش خطرات سیل می‌باشد. در این پژوهش دامنه پهنه سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف در طول رودخانه کوتر واقع در استان آذربایجان غربی مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور با تلفیق مدل هیدرولیکی HEC-RAS و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) از طریق الحاقیه HEC-GeoRAS پهنه سیلاب رودخانه کوتر تعیین گردیده است برای تحلیل فراوانی سیلاب از نرم‌افزار EasyFit استفاده شده و حداکثر دبی سیل با دوره بازگشت‌های مختلف تعیین شده است. مطالعات مختلفی در رابطه با شبیه‌سازی و فراوانی وقوع سیل صورت گرفته است که در ادامه به بعضی از آن‌ها اشاره می‌شود.

قلعه‌ای (۱۳۹۰) با استفاده از توابع احتمالاتی (PDF) و پارامترهای ژئومورفولوژیکی فراوانی وقوع سیلاب را در حوضه آبریز رودخانه ایدوغموش مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که تحلیل‌های آماری می‌توانند ارتباط نزدیکی را بین بعضی از اصول ژئومورفولوژیکی و اقلیم‌شناسی برقرار کرده و براین اساس اقدام به پیش‌بینی سیل نمودند. واقفی و بهبهانی (۱۳۹۴) با استفاده از روش‌های پیشنهادی مدل‌های شکست و با استفاده از نتایج مربوط به سدهای خاکی شکسته شده در جهان که از مراجع معتبر و به کمک محققین ر کشور‌های مختلف به دست آمده است اندازه و پارامترهای هندسی شکست شامل عمق شکست، شیب شکست، عرض شکست و زمان شکست و هیدروگراف خروجی از نقطه نظر شکست را شبیه‌سازی و با تلفیق مدل هیدرولیکی آنالیز سیستم رودخانه و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) پهنه‌بندی سیل ناشی از شکست سد







انجام دادند. ابتدا توسط داده‌های خام در دسترس که اطلاعات جغرافیایی منطقه هستند شبکه نامنظم مثلثی (TIN) ارتفاعی منطقه در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) را ساختند که با استفاده از آن اطلاعات مربوط به پلان رودخانه، توپوگرافی مخزن سد، جهت جریان، سطح مقاطع عرضی رودخانه و سایر اطلاعات ژئومتری توسط نرم‌افزار HEC-GeoRAS در محیط ArcMap تهیه و پس از اصلاحات مورد نیاز با عملیات میدانی، به همراه مشخصات سازه‌های رودخانه‌ای و ضریب مانینگ کانال و سواحل رودخانه در مدل هیدرولیکی HEC-RAS تعریف کردند و محدوده پهنه سیل، عمق جریان، سرعت جریان ناشی از شکست پس از شکست سد در محیط (GIS) تهیه نمودند. قاضی‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) نسبت به تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب اراضی کشاورزی و مکان مناسب برای ایجاد اراضی پایدار کشاورزی برای بازه‌ای از رودخانه هلیل اقدام کردند. مطالعه آن‌ها به طول ۳۰ کیلومتر با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS و GIS انجام شده است و برای سیل با دوره بازگشت ۲۵ سال در نرم‌افزار HEC-RAS میزان سیل‌گرفتنی اراضی را مشخص کردند. فردمرادی‌نیا و اسور، (۱۳۹۵) کاربرد تلفیق مدل‌های GIS، HEC-GeoRAS و HEC-RAS در شبیه‌سازی سیلاب حوضه بفرآورد مورد بررسی قرار دادند. نشان دادند، با افزایش سطح مقطع جریان، ارتفاع سطح آب کاهش و با افزایش دوره بازگشت سیل ارتفاع سطح آب در هر مقطع عرضی افزایش می‌یابد. خورشیدی و یزدانی (۱۳۹۵) با انتخاب موردی بازه مطالعاتی رودخانه سیوند (ایستگاه هیدرومتری تنگبلاغی تا دشتبال) و دو ایستگاه چم‌ریز و پلخان به تحلیل فراوانی سیلاب به کمک نرم‌افزارهای Smada، EasyFit و Hyfran پرداختند و حداکثر دبی سیل و هیدروگرافهای سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف را تعیین نمودند و نتیجه گرفتند که در دوره بازگشت‌های پایین (کمتر از ۵۰ سال) تفاوت عمده بین مقادیر دبی در توزیع‌های مختلف وجود ندارد اما با بزرگتر شدن دوره‌های بازگشت، اختلاف بین مقادیر دبی بین توزیع‌های مختلف نیز افزایش می‌یابد. ختاک و همکاران (۲۰۱۶) برای برآورد میزان سیل‌گرفتنی در حاشیه رودخانه کابل از نرم‌افزارهای HEC-RAS و GIS استفاده کردند و برای بررسی توزیع آماری داده‌های رودخانه کابل توزیع‌های احتمالاتی لوگ نرمال، گامبل و لوگ پیرسون تیپ ۳ را به کار بردند و همچنین برای بررسی دقت شبیه‌سازی با مدل‌های HEC-RAS و GIS دبی سیل ۲۰۱۰ افغانستان را به عنوان ورودی به مدل معرفی نمودند و با مقایسه نتایج مدل با تصاویر ماهواره‌ای از سیل ۲۰۱۰



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



دقت مدل تأیید شد. کوربال و همکاران (۲۰۱۶) از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی GIS برای تجزیه و تحلیل سیلاب‌های رودخانه کچیدر (Kecidere) ترکیه استفاده کردند و محدوده سیلاب دشت حوضه آبریز کچیدر (Kecidere) را تعیین نمودند، برای این منظور مدل رقومی حوضه (DEM) را با GIS تهیه و داده‌های ژئومتری و خصوصیات هندسی حوضه را با مدل یک بعدی HEC-RAS تحلیل کردند و نتیجه گرفتند که نرم‌افزار GIS در تعیین و تحلیل پهنه سیل کارآمد و توانا است. رحمتی و همکاران (۲۰۱۶) پهنه بندی خطر سیل را با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی GIS برای رودخانه یاسوج ایران تجزیه و تحلیل نمودند و نتیجه گرفتند روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی GIS روش‌های مناسبی برای ارزیابی پتانسیل خطر سیل و همچنین پهنه بندی سیل رودخانه‌ها، مخصوصاً در مناطقی که داده‌های کامل آماری ندارند، می‌باشند.

در این تحقیق از مدل هیدرولیکی HEC-RAS 5.0.3 برای شبیه‌سازی سیلاب رودخانه کوترو و همچنین ARC-GIS 9.3 استفاده شده و تحلیل فراوانی وقوع سیل رودخانه کوترو تعیین دبی‌های حداکثر سالانه به کمک نرم‌افزار EasyFit 5.5 Professional انجام شده است.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۲-۱. منطقه مورد مطالعه

رودخانه کوترو در ۵ کیلومتری جاده سد مهاباد می‌باشد که در شمال غربی ایران در استان آذربایجان غربی و در جنوب شهرستان مهاباد واقع شده است. آب آن از جنوب غربی به شمال شرقی جریان دارد، این رودخانه یکی از سرشاخه‌های رودخانه مهاباد است و آب آن به سد مهاباد می‌ریزد. حوضه مورد مطالعه دارای مساحت ۴۱۹ کیلومترمربع و به طول ۷۷ کیلومتر می‌باشد که طول و عرض جغرافیایی محدوده مورد مطالعه در جدول (۱) نمایش داده شده است.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

## جدول ۱- طول و عرض جغرافیایی رودخانه کوتر

|                                                      |        |              |
|------------------------------------------------------|--------|--------------|
| عرض جغرافیایی ۳۶ درجه شمالی و ۴۲ دقیقه و ۲۶,۷۸ ثانیه | ابتدا  | رودخانه کوتر |
| طول جغرافیایی ۴۵ درجه شمالی و ۳۷ دقیقه و ۲۲,۹۹ ثانیه |        |              |
| عرض جغرافیایی ۳۶ درجه شمالی و ۴۲ دقیقه و ۵۴,۴۴ ثانیه | انتهای |              |
| طول جغرافیایی ۴۵ درجه شمالی و ۳۷ دقیقه و ۳۹,۰۲ ثانیه |        |              |

محدوده مورد نظر در قسمتی از رودخانه کوتر می‌باشد که از حوالی روستای کوتر آغاز (موقعیت جغرافیایی  $X=4062599.267$   $Y=4062599.267$ ) و تا  $۱/۵$  کیلومتر با (موقعیت جغرافیایی  $X=556040.901$ ،  $Y=4063454.172$ ) ادامه دارد. در شکل ۱ زیر حوضه‌ها، ایستگاه‌های هیدرومتری و شبکه هیدروگرافیک (شبکه رودخانه‌ای) حوضه آبریز رودخانه مهاباد نشان داده شده است.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب

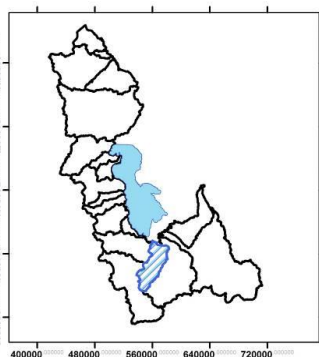


پژوهشگاه سوانح طبیعی

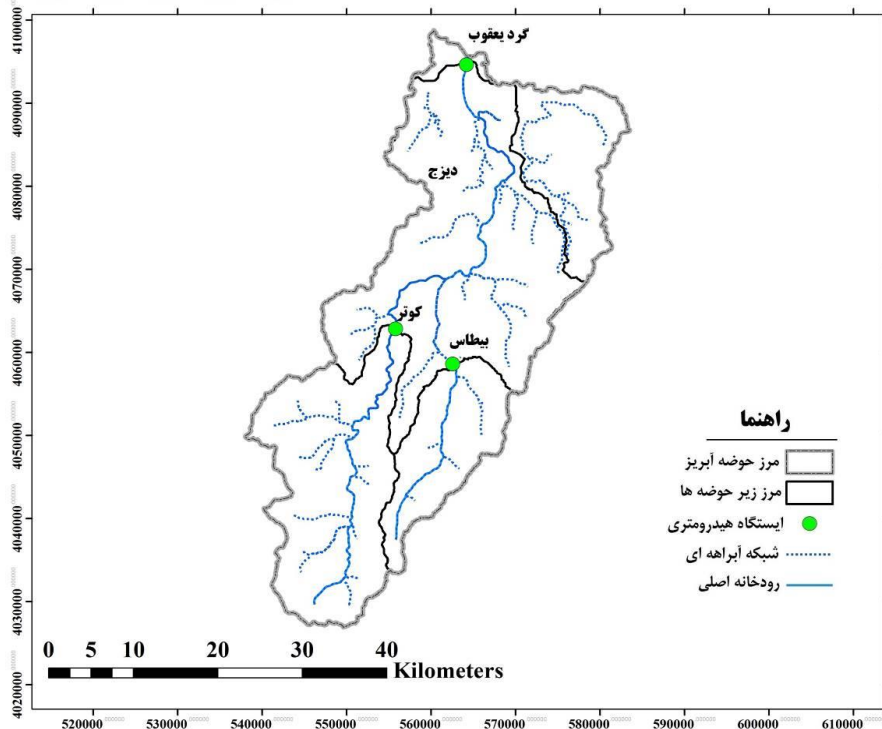


شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ [info@ifmc.ir](mailto:info@ifmc.ir)  
♦ [www.ifmc.ir](http://www.ifmc.ir) ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



|            |                                                                                   |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| عنوان طرح  | استخراج خصوصیات فیزیوگرافی حوضه های آبریز استان آذربایجان غربی                    |
| عنوان نقشه | نقشه زیرحوضه ها، ایستگاه های هیدرومتری و شبکه رودخانه های حوضه آبریز<br>مهابادچای |
| طراح       | فرشاد احمدی خورمغان                                                               |



شکل ۱- نقشه زیرحوضه ها، ایستگاه های هیدرومتری و شبکه رودخانه های حوضه آبریز رودخانه

مهاباد



## ۲-۲. تحلیل فراوانی وقوع سیلاب و تعیین دبی با دوره بازگشت مورد نیاز با استفاده از نرم افزار EasyFit 5.5 Professional

با استفاده از نرم افزار EasyFit 5.5 Professional و با برازش ۸ تابع توزیع بر روی داده‌های دبی حداکثر سالانه ایستگاه کوثر مناسب‌ترین توابع برای هرکدام از داده‌ها انتخاب شد. توابع توزیع مورد استفاده در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲ - اسامی توابع توزیع مورد استفاده نرم‌افزار

|        |           |                 |                |
|--------|-----------|-----------------|----------------|
| Gumbel | Normal    | Logpearson (3p) | Gamma(pearson) |
| Burr   | Lognormal | Johnson SB      | Weibull        |

نتایج نشان می‌دهد مناسب‌ترین توابع توزیع برای آنالیز داده‌های دبی حداکثر سالانه طبق آزمون نیکوئی برازش کولموگروف-اسمیرنوف و کای اسکوئر: تابع توزیع گامبل و طبق آزمون آماری آندرسون دارلینگ: تابع توزیع نرمال می‌باشد. با بررسی و تحلیل نتایج آزمون نیکوئی برازش در کل تابع توزیع احتمالاتی گامبل (Gumbel) مناسب‌ترین تابع بوده و از آن در تحلیل‌ها و بررسی‌های این تحقیق استفاده می‌گردد.

برای تعیین بهترین تابع توزیع احتمال به روش گرافیکی، از نمودارهای احتمالی P-P و Q-Q استفاده شده است. در نمودارهای P-P احتمال تجمعی مشاهده‌ای (تجربی) در مقابل احتمال تجمعی تئوری رسم شده است. هر نقطه بر روی نمودارهای Q-Q معرف مقدار داده مشاهده‌ای و متناظر با آن مقدار برآورد شده توسط توزیع آماری است.

در شکل ۲ نمودار Q-Q و در شکل ۳ نمودار P-P ارائه گردیده است. در جدول ۳ نتایج آزمون نیکوئی برازش برای تعیین مناسب‌ترین تابع توزیع آماری نشان داده شده است. بطوریکه مشاهده می‌شود تابع توزیع گامبل مناسب‌ترین تابع برای داده‌های دبی حداکثر سالانه رودخانه کوثر می‌باشد. در جدول ۴ نتایج دبی اوج حداکثر سالانه با دوره بازگشت‌های مختلف برای رودخانه کوثر ارائه گردیده است.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



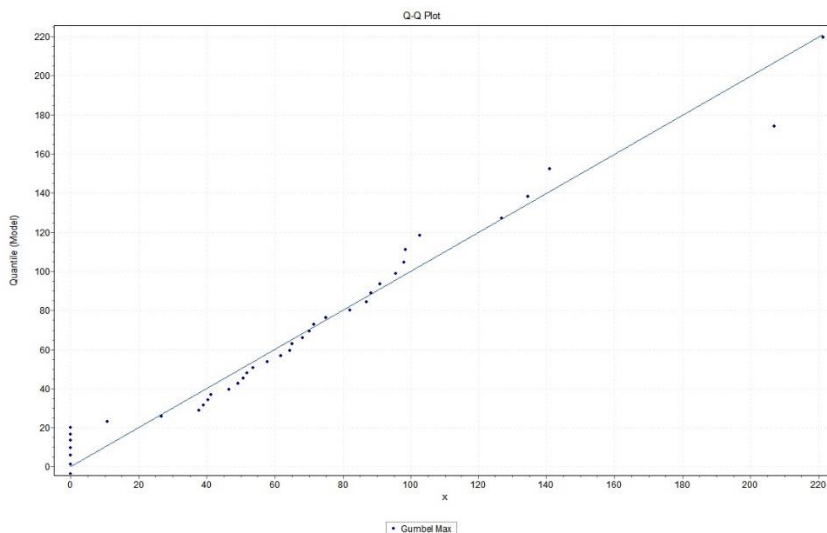
وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



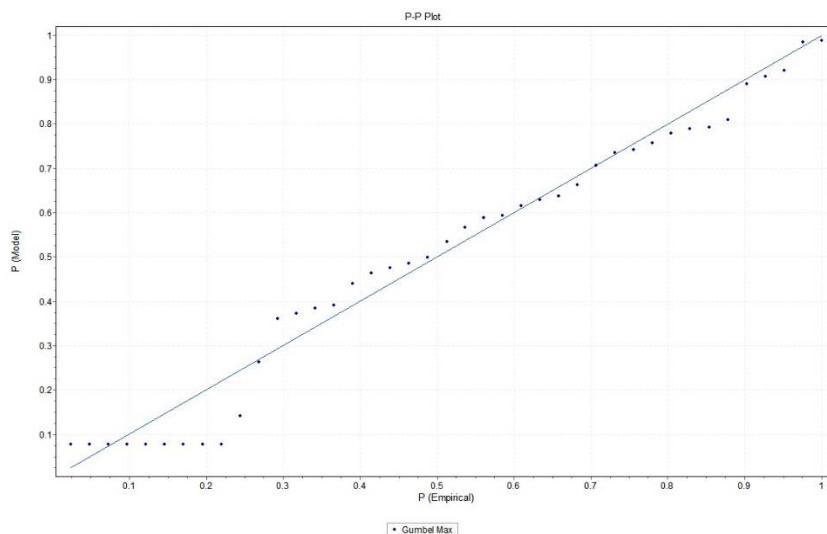
پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



شکل ۲ - مقایسه توزیع‌های آماری با داده‌های مشاهداتی توسط نمودار Q-Q



شکل ۳ - مقایسه توزیع‌های آماری با داده‌های مشاهداتی توسط نمودار P-P



جدول ۳ - نتایج آزمون نیکوئی برازش داده‌های دبی حداکثر سالانه

| پارامترهای توزیع                                                                 | آزمون کولموگوروف اسمیرنوف - کای اسکور و<br>آندرسون دارلینگ |                 |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------|
|                                                                                  | درجه<br>مناسب<br>بودن                                      | تابع توزیع      |
| $\sigma=41.18925 \quad \mu=38.56541$                                             | ۱                                                          | Gumbel          |
| $\sigma=52.82726 \quad \mu=62.34049$                                             | ۲                                                          | Normal          |
| $\gamma=3.606155 \quad \delta=1.884526$<br>$\lambda=829.373 \quad \xi=-53.75377$ | ۳                                                          | Jonson SB       |
| $\alpha=1.392593 \quad \beta=44.76576$                                           | ۴                                                          | Logpearson (3p) |
| $\sigma=0.5793625 \quad \mu=4.225743$                                            | ۵                                                          | Lognormal       |
| $\alpha=3.3898 \quad \beta=23.563 \quad \lambda=0$                               | ۶                                                          | Gamma (pearson) |
| $K=1.3004 \quad \alpha=2.9602 \quad \beta=78.782 \quad \lambda=0$                | ۷                                                          | Burr            |
| $\alpha=0.0715 \quad \beta=46.733$                                               | ۸                                                          | Weibull         |

جدول ۴ - نتایج دبی اوج دوره‌های بازگشت مختلف

| دوره بازگشت<br>(سال)                          | ۲           | ۱۰          | ۲۵      | ۵۰      | ۱۰۰         | ۲۰۰         | ۵۰۰         | ۱۰۰۰   |
|-----------------------------------------------|-------------|-------------|---------|---------|-------------|-------------|-------------|--------|
| دبی حداکثر<br>سالانه<br>(مترمکعب بر<br>ثانیه) | ۵۳,۶۶۱<br>۸ | ۱۳۱,۲۵<br>۶ | ۱۷۰,۳۱۱ | ۱۹۹,۲۸۳ | ۲۲۸,۰۴<br>۲ | ۲۵۶,۶۹<br>۶ | ۲۹۴,۴۹<br>۹ | ۳۲۳,۰۷ |







## ۲-۳. نتایج حاصل از تعیین حریم بستر رودخانه کوتر

اولین گام در مطالعه سیلاب دشت هر رودخانه تهیه نقشه رقومی منطقه با مقیاس مناسب جهت شبیه‌سازی رودخانه و اراضی اطراف می‌باشد. بدین منظور پلان رودخانه تهیه و در محیط اتوکد اقدام به تصحیح و انجام مطالعات لازم بر روی آن‌ها گردید. در مرحله بعد این نقشه‌ها در محیط ArcMap باز و نقشه‌های لازم رودخانه تهیه گردید. دومین گام شبیه‌سازی هندسی رودخانه توسط الحاقیه HEC-GeoRAS در محیط ArcMap و ایجاد فایل‌های RAS می‌باشد. در این مرحله لایه‌های اطلاعاتی ایجاد شده شامل: خط مرکزی جریان، سواحل کانال اصلی، خط مرکزی جهت جریان، خطوط برش مقاطع عرضی و لایه کاربری اراضی می‌باشد. این مدل قابلیت شبیه‌سازی لایه‌های دیگر نیز مانند گوره یا خاکریز و یا مناطق ذخیره را نیز دارا می‌باشد.

گام سوم برای انجام پهنه‌بندی سیل، انتقال اطلاعات تولید شده در محیط GIS به بسته نرم‌افزاری RAS توسط یک فایل متنی با فرمت ASCII می‌باشد. به این ترتیب که با استفاده از این فایل اطلاعات لایه‌های ایجاد شده به مدل هیدرولیکی HEC-RAS منتقل می‌گردند. گام چهارم، باز نمودن و تکمیل مشخصات هندسی رودخانه در محیط HEC-RAS می‌باشد.

در این مرحله مشخصات هیدرولیکی و هیدرولوژیکی جریان رودخانه از قبیل سازه‌های متقاطع مسیر ضرایب افت انرژی، شرایط مرزی محدوده مورد مطالعه، نوع رژیم جریان، دبی رودخانه با دوره‌های بازگشت مختلف و دیواره‌های ساحلی و ضرایب مانینگ به مدل هیدرولیکی RAS-HEC وارد می‌شوند.

جهت پهنه‌بندی سیل در این رودخانه ۸ دوره بازگشت‌های ۲-۱۰-۲۵-۵۰-۱۰۰-۲۰۰-۵۰۰ و ۱۰۰۰ ساله در نظر گرفته شده است. تغییرات پارامترهای هیدرولیکی نظیر عمق، سرعت جریان، تنش برشی و عدد فروود در هریک از مقاطع عرضی رودخانه کوتر تعیین گردیده است. پس از وارد نمودن و تکمیل تمامی داده‌های مورد نیاز مرحله بعد اجرای مدل می‌باشد. توجه به این نکته لازم می‌باشد که مدل HEC-RAS تنها در صورتی قابل اجرا است که تمامی اطلاعات به‌طور کامل و با دقت برای مدل تعریف شده به مدل وارد شده باشد. گام پنجم انتقال خروجی نرم‌افزار HEC-RAS به محیط ArcMap و نمایش پهنه‌های سیلابی مختلف در این محیط می‌باشد نتایج به دست آمده از مدل HEC-RAS در قالب فایل متنی ASCII به سیستم GIS فرستاده می‌شود و سپس فایل فرستاده





شده از RAS قابل خواندن می‌گردد. بدین ترتیب محیط ArcMap امکان نمایش نتیجه تکمیلی یعنی سطح آب گرفتگی به ازای دوره‌های بازگشت مختلف از دشت سیلابی را فراهم می‌گرداند. با در نظر گرفتن تمامی اطلاعات فیزیوگرافی، هیدرولوژی و ریخت‌شناسی و استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS جهت انجام محاسبات هیدرولیکی و اینکه یکی از مراحل اصلی تعیین حریم و بستر رودخانه‌ها تعیین سطح آب به ازای سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ سال مورد نظر می‌باشد. در ادامه اطلاعات فیزیوگرافی در جدول ۵ و پروفیل طولی رودخانه کوثر با نمایش مقطع عرضی ایجاد شده در مسیر جریان در شکل ۴، نمودار قسمتی از پروفیل طولی آب به ازای دوره بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله در شکل ۵، نمودار مقطع عرضی شماره ۱۵۵۴،۲۶۳ یعنی مقطع ۱۰ از بین ۳۵ مقطع در شکل ۶ و تغییرات سرعت جریان با دوره بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله در شکل ۷ نشان داده شده است.

جدول ۵ - خلاصه مطالعات فیزیوگرافی

| ردیف | پارامتر                              | گرد یعقوب | کوثر   | بیطاس  |
|------|--------------------------------------|-----------|--------|--------|
| ۱    | مساحت ( $Km^2$ )                     | ۱۲۸۷,۷۳   | ۴۱۹,۰۵ | ۱۸۷,۰۶ |
| ۲    | محیط ( $km$ )                        | ۲۱۸,۲۷    | ۱۱۴,۴۹ | ۷۳,۰۱  |
| ۳    | طول حوضه ( $km$ )                    | ۱۵۸,۷۱    | ۷۷,۲۲  | ۲۴,۳۲  |
| ۴    | مجموع طول آبراهه‌ها ( $km$ )         | ۴۱۹,۷۸    | ۱۴۶,۹۷ | ۳۹,۲۰  |
| ۵    | تراکم زهکشی ( $\frac{km}{km^2}$ )    | ۰,۳۳      | ۰,۳۵   | ۰,۲۱   |
| ۶    | ضریب شکل هورتون                      | ۰,۰۵      | ۰,۰۷   | ۰,۳۲   |
| ۷    | ضریب گردی میلر                       | ۰,۳۴      | ۰,۴۰   | ۰,۴۴   |
| ۸    | ضریب کشیدگی                          | ۰,۲۶      | ۰,۳۰   | ۰,۶۳   |
| ۹    | ضریب فشردگی                          | ۱,۷۰      | ۱,۵۷   | ۱,۴۹   |
| ۱۰   | طول مستطیل معادل ( $km$ )            | ۹۵,۶۷     | ۴۸,۶۳  | ۳۰,۳۴  |
| ۱۱   | عرض مستطیل معادل ( $km$ )            | ۱۳,۴۶     | ۸,۶۲   | ۶,۱۷   |
| ۱۲   | قطر دایره همسطح ( $km$ )             | ۴۰,۵۰     | ۲۳,۱۰  | ۱۵,۴۴  |
| ۱۳   | زمان تمرکز کریچ ( $h$ )              | ۱۹,۶۳     | ۸,۷۴   | ۲,۸۹   |
| ۱۴   | زمان تمرکز چاو ( $h$ )               | ۱۸,۴۵     | ۸,۲۴   | ۲,۷۵   |
| ۱۵   | زمان تمرکز برانس بای ویلیامز ( $h$ ) | ۴۷,۳۸     | ۲۲,۵۷  | ۶,۸۹   |
| ۱۶   | درصد شیب متوسط وزنی (%)              | ۲۹,۹۰     | ۳۶,۷۹  | ۳۳,۲۱  |



شرکت مدیریت منابع آب ایران



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

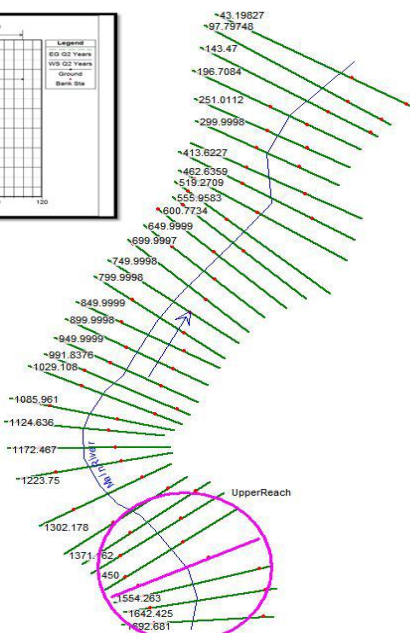
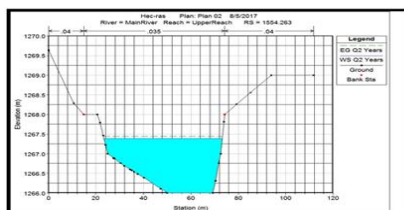
موسسه تحقیقات آب



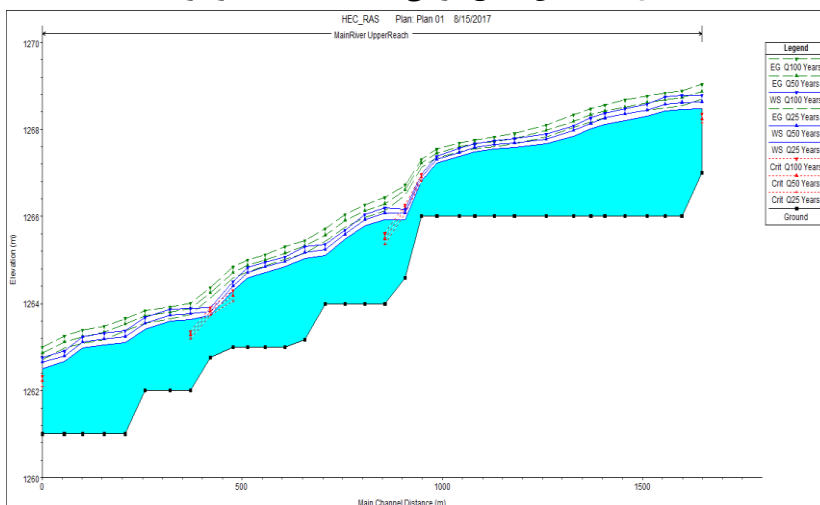
پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



شکل ۴- نمایش مقطع عرضی ایجاد شده در مسیر جریان



شکل ۵- نمایش پروفیل طولی قسمتی از رودخانه کوتاه‌تر به ازای دوره بازگشت ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله

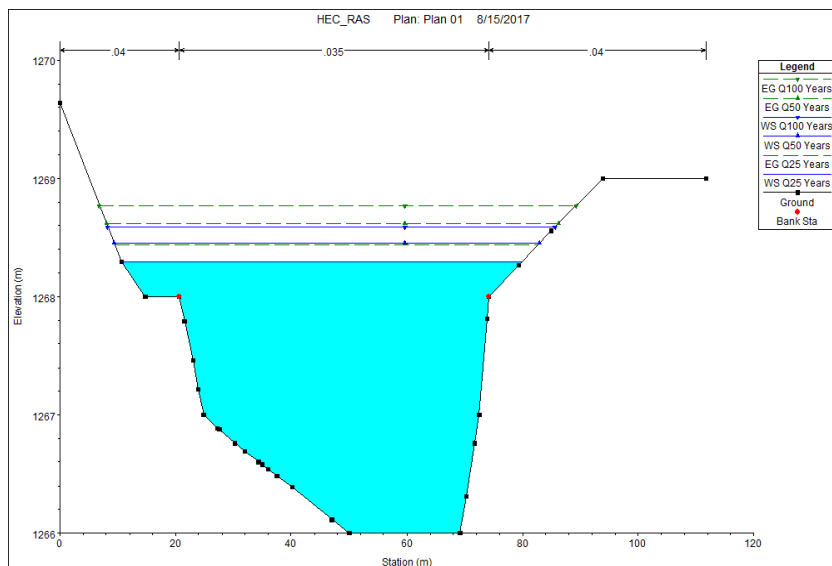


با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

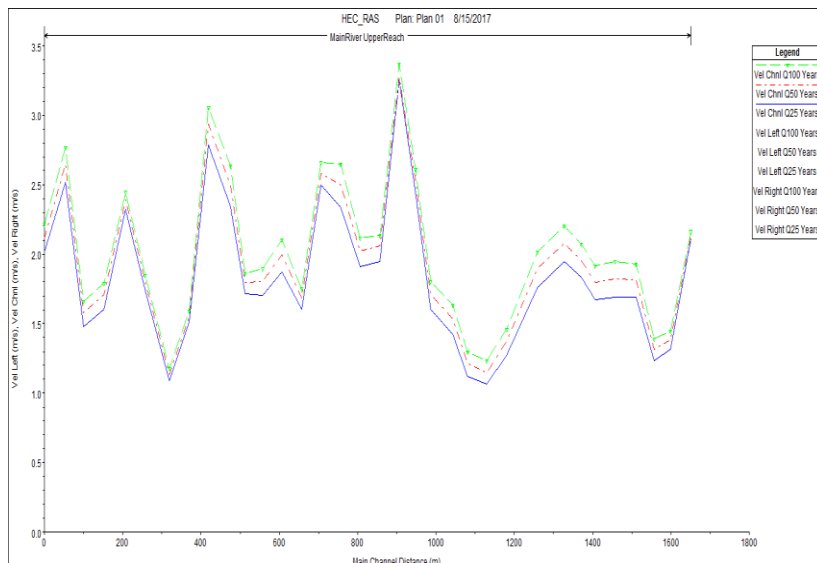
پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



شکل ۶- نمایش مقطع عرضی شماره ۱۵۵۴/۲۶۳ با دوره بازگشت ۱۰۰،۵۰،۲۵ ساله



شکل ۷- نمایش تغییرات سرعت به ازای دوره بازگشت ۱۰۰،۵۰،۲۵ ساله



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش های راه آهن جمهوری اسلامی ایران ♦♦♦ ۲۲ و ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۶

www.ifmc.ir ♦♦♦ info@ifmc.ir



### ۳. نتیجه‌گیری

در این مطالعه با تلفیق سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی GIS و مدل هیدرولیکی HEC-RAS و در نهایت استفاده از الحاقیه HEC-GeoRAS، به مطالعه هیدرولیکی رودخانه کوثر پرداخته شده و نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب برای دوره بازگشت ۲، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ سال به دست آمده است.

آنالیز داده‌های دبی حداکثر سالانه ایستگاه کوثر با نرم‌افزار EasyFit 5.5 Professional طبق آزمون نیکوئی برازش (کولموگروف-اسمیرنوف، کای اسکوتر، آندرسون دارلینگ) نشان می‌دهد که توزیع احتمالاتی گامبل (Gumbel) مناسب‌ترین توزیع آماری در تحلیل و بررسی‌های فراوانی وقوع سیل در رودخانه کوثر می‌باشد.

بررسی نقشه‌های پهنه سیل گیر، عمق سیل و پتانسیل خطر سیل در حوضه آبریز رودخانه کوثر نشان می‌دهد که پهنه سیل ۱۰۰ ساله از گستردگی بیشتری نسبت به پهنه‌های سیل ۲۵ و ۵۰ ساله برخوردار است.

نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیل با دوره‌های بازگشت مختلف در رودخانه کوثر مشخص می‌نماید که در دوره بازگشت ۲۵ ساله عمق آب و سرعت جریان به طور متوسط ۲/۴۶ متر و ۲/۴۹ متر بر ثانیه بوده که احتمال طغیان سیل در رودخانه وجود داشته و می‌تواند سبب ایجاد خسارت‌هایی گردد که علاوه بر لزوم برنامه‌ریزی و بهره‌گیری از راه‌کارهای علمی و عملی را برای مهار و جلوگیری از گسترش سیل در منطقه، لزوم مطالعه مورفولوژیکی رودخانه و اقدامات سازه‌ای را پراهمیت می‌نماید.

بررسی نتایج نشان می‌دهد: با افزایش دوره بازگشت سیل، ارتفاع سطح آب در هر مقطع عرضی افزایش می‌یابد و با افزایش سطح مقطع جریان، ارتفاع سطح آب و سرعت جریان کاهش پیدا می‌کند.

نتایج این تحقیق نحوه گسترش پهنه‌های سیلابی در بازه مورد مطالعه را به خوبی نشان می‌دهد و ضمن تأیید کارایی مدل‌های HEC-RAS، GIS، EasyFit، HEC-GeoRAS کاربرد آن‌ها را در برنامه‌ریزی‌های مدیریت توسعه مناطق مسکونی توصیه می‌نماید.



وزارت نیرو



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



#### ۴. منابع

- ۱- قلعه‌ای، محمدحسین، ۱۳۹۰، تحلیل فراوانی وقوع سیلاب با استفاده از توابع احتمالاتی و پارامترهای ژئومورفولوژیکی در حوضه رودخانه ایدوغموش، اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار، اهواز، دانشگاه پیام نور استان خوزستان
- ۲- اسلامی، هیرو و سید جمیل قادری، ۱۳۹۱، تعیین حریم بستر رودخانه بیطاس مهاباد با استفاده از مدل‌های کامپیوتری HEC-RAS و GIS، یازدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران؛ دانشگاه ارومیه.
- ۳- واقفی، محمد و محمدابراهیم بهبهانی، پهنه‌بندی سیلاب ناشی از شکست سد با تلفیق سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی GIS و سیستم آنالیز رودخانه HEC-RAS (مطالعه موردی: سد دالکی استان بوشهر)، سومین کنفرانس ملی مدیریت و مهندسی سیلاب با رویکرد سیلاب‌های شهری؛ دبیرخانه دائمی کنفرانس دانشگاه تهران، ۱۳۹۴
- ۴- قاضی‌زاده، احسان؛ زهرا گنجی و خلیل اژدری، تعیین خطرپذیری مناطق سیلابی با استفاده از مدل HEC-RAS و GIS (مطالعه موردی: اراضی کشاورزی رودخانه هلیل رود شهرستان جیرفت)، دومین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران؛ دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۹۵
- ۵- فرد مرادنی، سینا و اسماعیل اسور، ۱۳۹۵، شبیه‌سازی سیلاب رودخانه بفراجد با استفاده از نرم‌افزارهای سامانه اطلاعات جغرافیایی HEC-RAS، GIS، HEC-GeoRAS، اولین مسابقه کنفرانس بین‌المللی جامعه علوم مهندسی در ایران، انزلی، دبیرخانه کنفرانس، دانشگاه گیلان- دانشگاه تبریز
- ۶- خورشیدی، حسن و صمد یزدانی، ۱۳۹۵، تحلیل فراوانی و تخمین هیدروگراف سیلاب با دوره بازگشت مختلف (مطالعه موردی: بازه مطالعاتی تنگبلاغی تا دشتبال)، سومین کنفرانس ملی مهندسی عمران و توسعه پایدار ایران، تهران، موسسه آموزش عالی مهراروند، مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار.
- 7-Khattak, M.SH., Anwar, F., Tariq, O.S., Sheraz, KH., Ahmad, A., Flood Plain mapping using HEC-RAS and Arc GIS (case study of Kabul River), Arabian Journal for Science and Engineering, 2016, Vol 4, 1375-1390
- 8-Curebal, I., Recep, E., Hasan, D., Abdullah, S., Suleyman, S., GIS-based approach for flood analysis (case study: Keçidere), flash flood event (Turkey), Geocarto International, 2016, Vol 31, 355-366
- 9-Rahmati, O., Hossein, Z., Mosa, B., Flood hazard zoning in Yasooj region, Iran, using GIS and multi criteria decision analysis, Geomatics, Natural Hazard and risk, 2016, Vol 7, 1000-1017.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



HN-01180096

## پهنه‌بندی سیل خیزی شهر همدان با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی

محمد فتح‌الله زاده<sup>۱\*</sup>، پروین روشن نکو<sup>۲</sup>

۱- کارشناس ارشد هیدروژئومورفولوژی، mohammad\_fath65@yahoo.com

۲- کارشناس ارشد هیدروژئومورفولوژی، parvinroshaneko@yahoo.com

### چکیده:

سیل به وضعیتی گفته می‌شود که در آن جریان رودخانه و سطح آب به صورت غیرمنتظره افزایش پیدا کرده و باعث خسارت مالی و جانی می‌گردد. سیل یکی از حوادث طبیعی است که سالانه خسارات زیادی را به جوامع انسانی وارد می‌آورد. در این میان شهرها و مراکز جمعیتی، بیشترین ریسک و احتمال خسارت فیزیکی قابل لمس ناشی از وقوع سیل را دارا می‌باشند. با توجه به اینکه در سال‌های اخیر رشد شهرها در دشت‌های سیلابی، بخصوص در حاشیه رودخانه‌ها موجب شده تا ساکنان و ساخت‌وسازهای این مناطق، در معرض خطر سیل باشند لزوم مطالعه مناطق شهری از نظر سیل‌خیزی را بیش از پیش ضروری می‌کند. در این پژوهش برای تعیین پهنه‌بندی سیل‌خیزی محدوده شهر همدان ابتدا با استفاده از مدل AHP<sup>۱</sup> میزان اثر و وزن هر معیار با استفاده از پرسشنامه‌های پر شده توسط کارشناسان در وقوع سیلاب توسط نرم‌افزار Expert Choise تعیین و پس از آن با استفاده از منطق فازی، پهنه‌بندی سیل‌خیزی براساس لایه‌های شیب، کاربری اراضی، بارش، فاصله از رود و زمین‌شناسی انجام شد. درنهایت با ضرب وزن‌های به‌دست‌آمده برای هر معیار و توسط عملگر جمع جبری فازی در محیط نرم‌افزار Arc Gis 10.3 نقشه نهایی سیل‌خیزی شهرستان همدان مشخص گردید. براساس این نقشه پهنه‌های با خطر بسیار زیاد سیلاب در بخش‌های شرقی، جنوب غربی و به صورت پراکنده در قسمت‌های جنوبی و مرکزی منطقه مورد مطالعه واقع شده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش توجه به مناطق

1. Analytic Hierarchy Process.







با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

با خطر سیل پذیری بالا در ساخت‌وساز و توسعه زمین باید مورد توجه قرار گیرد و برای جلوگیری از خسارت ناشی از سیل، از توسعه شهر در این مناطق جلوگیری به عمل آید. همچنین در صورتی که بناها و مراکز مهمی از قبل در این مناطق ساخته شده است نسبت به مقاوم‌سازی آن‌ها در برابر سیل و یا تغییر مکان به محل‌های مناسب‌تر اقدام شود.

**کلمات کلیدی: سیلاب، همدان، پهنه‌بندی، مدل AHP، منطق فازی.**



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir



## مقدمه

سیل هر جریان سطحی آب صرف نظر از عامل ایجاد کننده آن است که جریان آب در مقطع خاصی از رودخانه بیش از جریان عادی باشد، تداوم زمانی آن محدود باشد، جریان آب از بستر طبیعی خود تجاوز و اراضی پست و حاشیه رودخانه را فرا گیرد و خسارت‌های مالی و جانی به همراه داشته باشد (محمدپور و سبزواری، ۱۳۸۶). سیل یکی از حوادث طبیعی است که سالانه خسارات زیادی را به جوامع انسانی وارد می‌آورد. در این میان شهرها و مراکز جمعیتی، بیشترین ریسک و احتمال خسارت فیزیکی قابل لمس ناشی از وقوع سیل را دارا می‌باشند (اسنید، ۲۰۰۰). بدون شک می‌توان از سیلاب به عنوان یک بلای طبیعی نام برد چرا که در عمل سیلاب هم از نظر تلفات جانی و هم از نظر خسارات مالی مهیب‌ترین بلای طبیعی در جهان محسوب می‌شود. از سال ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۷ حدود ۳۹۰۰۰ نفر در اثر بلایای طبیعی در جهان کشته شدند که ۵۸ درصد این مرگ‌ومیرها مربوط به سیلاب بوده است. در این رابطه نکته نگران کننده، روند افزایشی تلفات و خسارات ناشی از سیلاب در دهه‌های اخیر بوده است که افزایش جمعیت و سکونت در سیلاب‌دشت‌ها، تغییرات هیدروسستم‌ها و اثرات مخرب فعالیت‌های انسانی از دلایل عمده این روند افزایشی بوده است. در سال‌های اخیر رشد شهرها در دشت‌های سیلابی، به خصوص در حاشیه رودخانه‌ها موجب شده تا ساکنان و ساخت‌وسازهای این مناطق، در معرض خطر سیل باشند. ایران به دلیل شرایط اقلیمی و جغرافیایی خاص به عنوان یکی از کشورهای سیل خیز جهان هر ساله شاهد چنین حوادثی می‌باشد. اولین قدم برای ایجاد یک برنامه مؤثر به منظور جلوگیری از خسارات سیل، تشخیص مناطق حساس به سیل و دارای پتانسیل سیل خیزی و تهیه نقشه سیل خیزی می‌باشد. یانگ و همکاران (۲۰۰۶)، ۲۱ نقشه سیل گرفتگی رودخانه بیربروک، در اوتاوا را با استفاده از HEC-RAS برای رگبارهای انتخاب شده در دوره‌های بازگشت ۱۰، ۵۰، ۱۰۰ ساله به دست آوردند. ساها و همکاران (۱۹۹۶)، فرانسیسکو و همکاران (۱۹۹۸)، هوندشا و همکاران (۲۰۰۱) و دونکر (۲۰۰۱) همگی از ARC GIS به عنوان یک ابزار قدرتمند برای تکمیل و تحلیل داده‌های منابع مختلف به منظور مدیریت دشت‌های سیلابی استفاده کرده و با اجرای مدل‌های هیدرولوژیک و هیدرولیک در محیط ARC GIS، مناطق تحت تأثیر سیل را طبقه‌بندی و به نقشه تبدیل کرده و نتایج رضایت بخشی به دست آورده‌اند. عاشوری و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از HEC-RAS و ARC





GIS به بررسی تغییر مورفولوژی بستر رودخانه قبل و بعد از احداث سد در پایین دست سد ستارخان اهر پرداختند. آن‌ها به این نتیجه دست یافتند که با احداث سد به دلیل جلوگیری از جریان یافتن سیلاب‌های بزرگ، بستر رودخانه تقریباً پایدار و دبی طی سال‌ها ثابت بوده است. قنواتی و همکاران (۱۳۹۰) پهنه‌های سیل‌خیز حوضه فرحزاد تهران را با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی مشخص نمودند. حسین زاده و جهادی (۱۳۸۶) تأثیر گسترش شهر مشهد را بر الگوی زهکشی طبیعی و تشدید سیلاب‌های شهری را مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که گسترش شهر به طور مستقیم و غیرمستقیم موجب تشدید سیل‌خیزی در این شهر گردیده است. در این پژوهش سعی شده است براساس عوامل مؤثر بر سیل‌خیزی و با استفاده از منطق فازی، پهنه‌های سیل‌خیز شهر همدان مشخص گردد.

### منطقه مورد مطالعه

همدان یکی از کلان‌شهرها در منطقه غربی و کوهستانی ایران و مرکز استان همدان است. این شهر در دامنه کوه الوند و دارای ارتفاع میانگین ۱۷۴۱ متری از سطح می باشد و از شهرهای سردسیر ایران به شمار می‌آید. همدان با ۵۲۸,۴۱۴ کیلومترمربع وسعت، از سمت شمال به شهرهای کبودرآهنگ، بهار و رزن، از سمت جنوب به شهرهای ملایر و اراک، از سمت شرق به شهرهای کمijan و ساوه و از سمت غرب به شهر تویسرکان محدود شده است. این شهر بین عرض‌های ۳۴ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۲۴ دقیقه شمالی و ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۴۶ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. همدان قدیمی‌ترین شهر ایران و از کهن‌ترین شهرهای جهان است (شکل ۱).



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

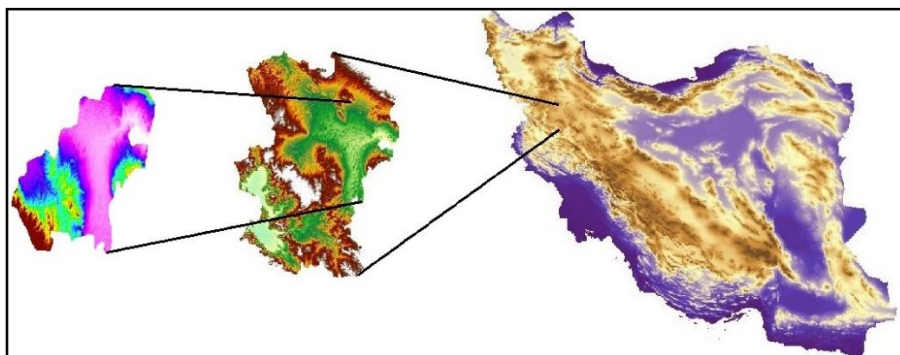
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهر همدان

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی و سیل‌گیری شهر همدان لایه‌های شیب، بارش، فاصله از رود، زمین‌شناسی و کاربری اراضی به عنوان عوامل مؤثر در رخداد سیل مورد استفاده قرار گرفتند و با استفاده از مدل فازی که در آن می‌توان متغیرهای نادقیق و مبهم را به شکل ریاضی درآورد منطقه از نظر میزان خطر سیل‌خیزی پهنه‌بندی شد. منطق فازی شیوه‌های مرسوم برای طراحی و مدل‌سازی یک سیستم را که نیازمند ریاضیات پیشرفته و نسبتاً پیچیده است با استفاده از مقادیر و شرایط زبانی و یا به عبارتی دانش فرد خبره و با هدف ساده‌سازی و کارآمدتر شدن طراحی سیستم، جایگزین و یا تا حد زیادی تکمیل می‌نماید (سلامی، ۱۳۸۹). این نظریه در الگو کردن پدیده‌های فیزیکی، نقشه‌برداری و طبقه‌بندی به طور گسترده استفاده می‌شود (رستمی، ۱۳۸۷). در مدل فازی هر عضو همزمان در مجموعه‌های مختلف ولی با درجات متفاوت عضویت دارد. درجات عضویت مقادیر بین صفر و یک و نیز خود این دو حد را می‌پذیرد. در نظریه مجموعه‌های دقیق اگر یک مجموعه را در نظر بگیریم، هر عضو مجموعه مرجع یا در مجموعه هست یا نیست و می‌توان برای هر مجموعه A تابع زیر را تعریف کرد (مومنی، ۱۳۸۷):

$$u_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x \in A \\ 0, & \text{if } x \notin A \end{cases}$$



این تابع به هر عضو مجموعه A عدد (۱) و به هر عضو خارج از مجموعه A عدد (۰) را نسبت می‌دهد. برای اجرای تکنیک فازی به عملگرهایی نظیر (OR) اجتماع، (AND) اشتراک، (Product) ضرب جبری، (Sum) جمع جبری و (Gamma) گاما نیاز می‌باشد. در عملگر OR پیکسلی که فقط از نظر یک نقشه مناسب بوده و ارزش یک داشته باشد و از لحاظ سایر لایه‌های اطلاعاتی دارای ارزش صفر باشد، در نقشه خروجی تلفیق یافته و ارزش یک می‌گیرد و مناسب تشخیص داده می‌شود. عملگر AND فقط پیکسلی که در تمامی نقشه‌های پایه ارزش یک دارد، در نقشه نهایی ارزش یک خواهد داشت و جزء مناطق مناسب قرار می‌گیرد. عملگر Product موجب می‌شود تا اعداد مجموعه‌ها کوچکتر شده و به سمت صفر میل کنند. اما عملگر Sum بر خلاف عملگر Product موجب می‌گردد تا اعداد به سمت یک میل نمایند. جهت تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر Product و دقت خیلی کم عملگر Sum عملگر دیگری به نام Gamma تعریف شده است. مقدار گاما تعدیل کننده بین صفر و یک است و از طریق قضاوت کارشناسانه تعیین می‌شود. گامای صفر معادل ضرب فازی و گامای یک معادل جمع فازی است (دادرسی سبزواری، ۱۳۸۷).

### تعیین عضویت لایه‌ها در مدل سیل خیزی

تابع عضویت هر لایه در مدل بر اساس نوع رابطه‌ای که هر پارامتر با پدیده سیل خیزی در منطقه همدان دارد، تعیین گردیده است که این پارامترها عبارتند از:

**شیب:** این پارامتر با سیل خیزی در منطقه رابطه مستقیم دارد و افزایش شیب موجب افزایش سرعت حرکت آب همچنین کاهش میزان نفوذ آب به داخل زمین می‌شود که این عوامل سیل خیزی منطقه با شیب بیشتر را افزایش می‌دهد، بنابراین در مدل از یک رابطه خطی فزاینده جهت تعیین عضویت لایه شیب استفاده شد (شکل ۲).



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

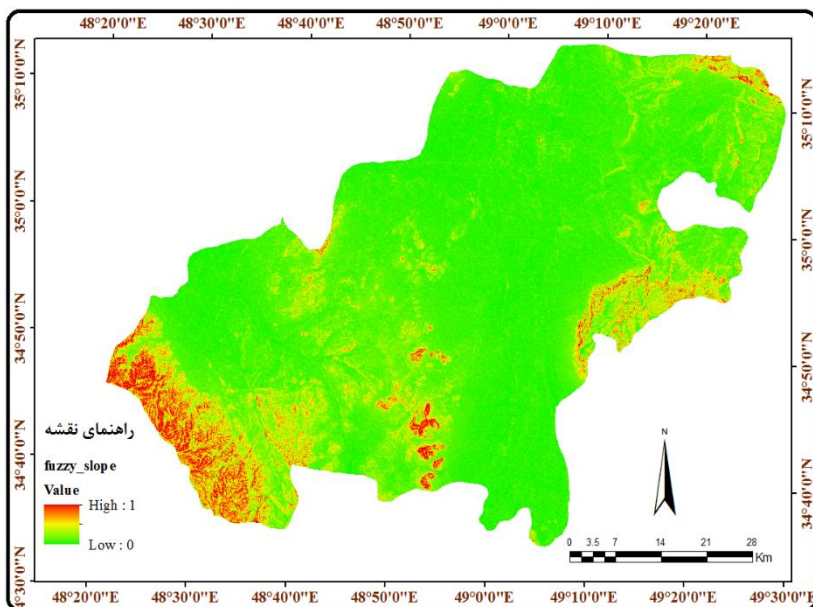
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



شکل ۲- فازای سازی لایه شیب

**بارش:** در هنگام بارش باران و برف مقداری از آب جذب خاک و گیاهان می‌شود، درصدی تبخیر می‌شود و باقیمانده بر روی زمین جاری شده و تولید رواناب می‌کند. 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. به طور متوسط تقریباً ۳۰ درصد بارش‌ها به رواناب تبدیل می‌شوند که این میزان با ذوب ناگهانی برف در مناطق کوهستانی افزایش می‌یابد. ارتباط بارش با سیل خیزی رابطه‌ای مستقیم است و هرچه میزان بارش در مدت زمان معین در یک منطقه افزایش یابد احتمال وقوع سیل نیز افزایش خواهد یافت بنابراین از رابطه خطی و فزاینده برای پارامتر بارش استفاده می‌کنیم (شکل ۳).

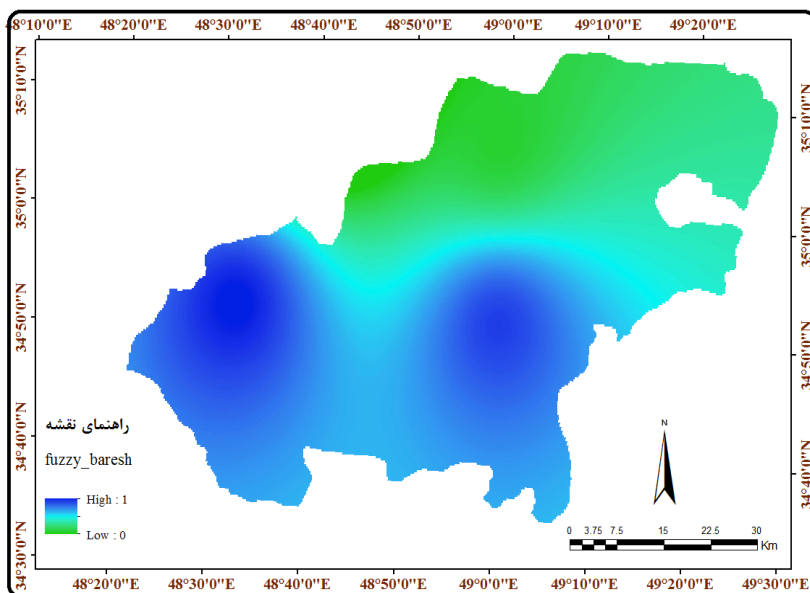


با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



شکل ۳- فازی سازی لایه بارش

**فاصله از رود:** در هنگام بارندگی یا ذوب ناگهانی برف‌های کوهستانی اولین مناطقی که دستخوش تغییر می‌شوند رودخانه‌ها اعم از دائمی و فصلی می‌باشند که به علت افزایش آب ورودی به آن‌ها سیلابی شده و طغیان می‌کنند که نتیجه این امر به زیرآب رفتن حاشیه کناری رودخانه‌ها می‌باشد. بنابراین با افزایش فاصله از رود خطر سیل خیزی در منطقه کاهش می‌یابد و هرچه به رودخانه نزدیکتر شویم احتمال طغیان و وقوع سیل نیز افزایش می‌یابد. جهت تعیین عضویت لایه فاصله از رود، از یک رابطه معکوس و فزاینده در فاصله از محل رود استفاده می‌کنیم (شکل ۴).



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



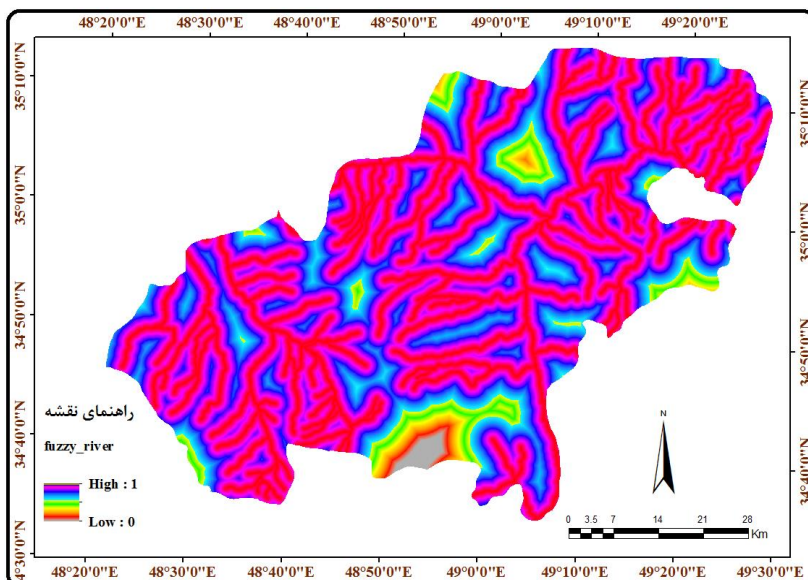
پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir





شکل ۴- فازي سازی لايه فاصله از آبراهه

**زمین‌شناسی:** جنس و بافت سازندهای یک منطقه در وقوع رواناب در هنگام بارندگی از اهمیت بالایی برخوردار است به طوری که هر چه نفوذپذیری یک زمین بیشتر باشد میزان آبی که به داخل زمین راه می‌یابد بیشتر در نتیجه مقدار رواناب تولید شده بر روی زمین کمتر و احتمال وقوع سیلاب کمتر خواهد بود. این لایه با توجه به خصوصیات زمین‌شناسی منطقه به دو طبقه زمین‌های نفوذپذیر و زمین‌های با نفوذپذیری کم تقسیم‌بندی شد. امتیازدهی به واحدهای زمین‌شناسی بر اساس چگونگی نفوذپذیری آن‌ها انجام شد به گونه‌ای که واحدهای با نفوذپذیری بیشتر امتیاز کمتر و واحدهای با نفوذپذیری کمتر امتیاز بیشتر اختصاص داده شد (شکل ۵).

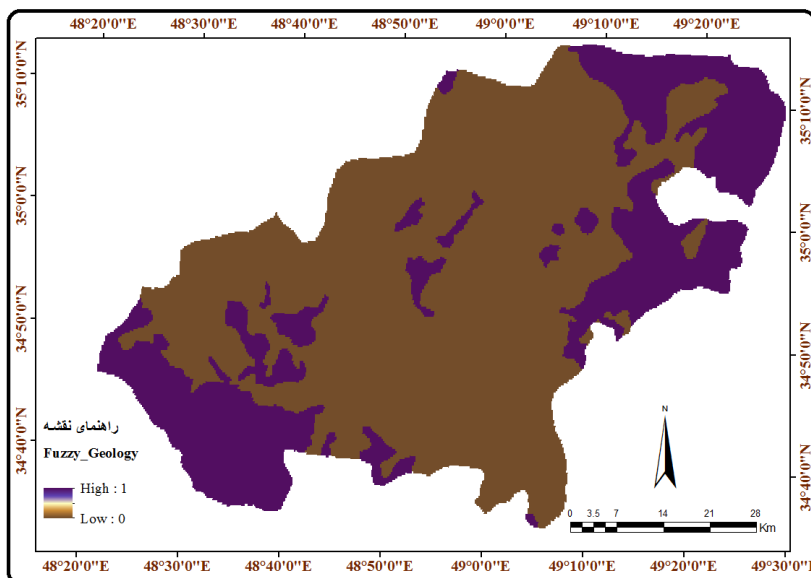


با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



شکل ۵- فازی سازی لایه زمین‌شناسی

**کاربری اراضی:** در منطقه، طبقه‌بندی زمین از نظر کاربری براساس خصوصیات هر طبقه در نوع کاربری صورت گرفت به نحوی که به کاربری‌هایی که مرتبط با ساخت‌وسازهای شهری در منطقه بوده و به علت نفوذپذیری کمتر، نقش بیشتری در تولید رواناب و در نتیجه سیل‌خیزی دارند، امتیاز بیشتری تعلق گرفت و به کاربری‌هایی که پوشش گیاهی بیشتر داشته یا به صورت باغات و زمین‌های بایر هستند و به علت نفوذپذیری بیشتر، رواناب کمتری تولید می‌نمایند و در سیل‌خیزی نقش کمتری دارند، امتیاز کمتری تعلق گرفت (شکل ۶).



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب

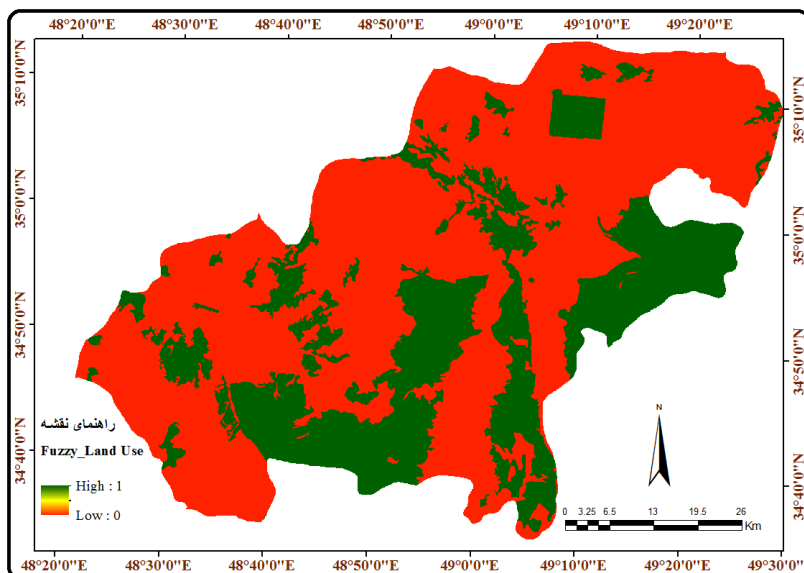


پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir



شکل ۶- فازی سازی لایه کاربری اراضی

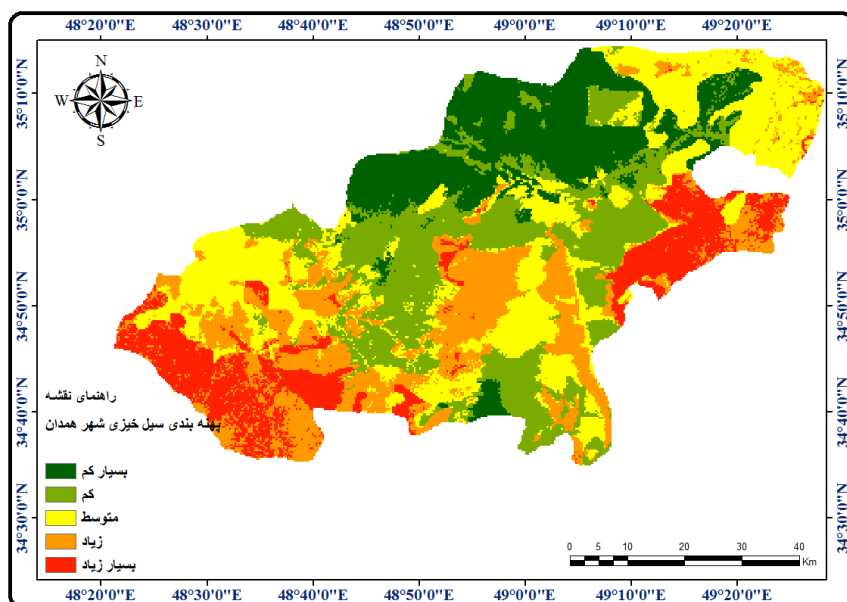
پس از تعیین معیارهای مؤثر در وقوع سیلاب با استفاده از روش AHP و با در نظر گرفتن اهمیت هر معیار نسبت به دیگر پارامترها به صورت دوجه دو در محیط نرم افزار Expert Choise، وزن هر معیار به ترتیب زیر مشخص شد:

جدول (۱)- مقایسه زوجی معیارهای اصلی مدل

| وزن   | کاربری اراضی | زمین شناسی | فاصله از رود | بارش  | شیب   | توضیحات      |
|-------|--------------|------------|--------------|-------|-------|--------------|
| ۰/۲۹۸ | ۲/۵۵۲        | ۱/۹۷۱      | ۱/۶۱۲        | ۱/۱۸۸ | ۱     | شیب          |
| ۰/۲۵۰ | ۲/۱۴۶        | ۱/۶۵۸      | ۱/۳۵۶        | ۱     | ۱/۸۴۱ | بارش         |
| ۰/۱۸۴ | ۱/۵۸۲        | ۱/۲۲۲      | ۱            | ۰/۷۳۷ | ۰/۶۲۰ | فاصله از رود |
| ۰/۱۵۱ | ۱/۲۹۴        | ۱          | ۰/۸۱۸        | ۰/۶۰۳ | ۰/۵۰۷ | زمین شناسی   |
| ۰/۱۱۷ | ۱            | ۰/۷۷۲      | ۰/۶۳۲        | ۰/۴۶۶ | ۰/۳۹۱ | کاربری اراضی |
| ۱     | -            | -          | -            | -     | -     | جمع          |



در نهایت با مشخص شدن و ضرب وزن هر معیار در مقدار آن و Overlay کردن هر لایه در محیط نرم‌افزار Arc GIS با استفاده از عملگر جمع فازی، خروجی نهایی پهنه‌بندی خطر سیل خیزی شهر همدان مشخص شد (شکل ۷).



شکل ۷- پهنه‌بندی سیل خیزی شهر همدان

در این نقشه براساس خصوصیات طبیعی منطقه، پهنه‌بندی در پنج سطح طبقه‌بندی شده است. براساس نقشه نهایی، سطوح با خطر بسیار زیاد بیشتر در بخش شرقی، جنوب غربی و به صورت پراکنده در قسمت‌هایی از بخش جنوبی و مرکزی منطقه مورد مطالعه واقع گردیده است. این نواحی بیشتر منطبق بر مناطق کوهستانی بوده و شیب زیادی دارند. نواحی با خطر کم نیز اغلب در دشت‌ها، دره‌ها و خط‌القرها که شیب کمتر و کاربری با پوشش گیاهی بیشتر دارند، واقع شده‌اند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش لزوم توجه به مناطق با خطر سیل پذیری بالا در ساخت‌وساز در این قسمت‌ها باید مورد توجه قرار گیرد و برای جلوگیری از خسارت ناشی از سیل، از توسعه شهر در این مناطق جلوگیری به عمل آید همچنین در صورتی که بناها و مراکز مهمی از قبل در این قسمت‌ها ساخته شده نسبت به مقاوم‌سازی آن‌ها در برابر سیل و یا تغییر مکان آن‌ها به



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



وزارت نیرو

محل‌های مناسب‌تر اقدام شود. از روش‌های دیگری که می‌توان در مهار سیلاب بکار گرفته شود می‌توان به احیاء جنگل‌ها و درختکاری در مناطق سیل خیز شهر جهت کاهش سرعت حرکت رواناب، احداث سیل بندها، سدهای مخزنی و نهایتاً کانال‌های سیلاب بر اشاره کرد.

## نتیجه‌گیری

سیل یکی از حوادث طبیعی است که سالانه خسارات زیادی را به جوامع انسانی وارد می‌آورد. در این میان شهرها و مراکز جمعیتی، بیشترین ریسک و احتمال خسارت فیزیکی قابل لمس ناشی از وقوع سیل را دارا می‌باشند. در این پژوهش سیل‌خیزی و سیل‌گیری در محدوده شهر همدان و نواحی پیرامون آن با استفاده از منطق فازی و با در نظر گرفتن پهنه‌بندی سیل‌خیزی براساس لایه‌های شیب، کاربری اراضی، بارش، فاصله از رود و زمین‌شناسی تعیین شد. برای تعیین پهنه‌بندی سیل‌خیزی محدوده شهر همدان ابتدا با استفاده از مدل سلسله مراتبی AHP میزان اثر و وزن هر معیار با استفاده از پرسشنامه‌های پر شده توسط کارشناسان در وقوع سیلاب توسط نرم‌افزار Expert Choise تعیین و پس از آن فازی سازی هر یک از معیارهای سیل‌خیزی براساس لایه‌های شیب، کاربری اراضی، بارش، فاصله از رود و زمین‌شناسی انجام شد. در نهایت با ضرب وزن‌های به‌دست‌آمده برای هر معیار و توسط عملگر جمع جبری فازی در محیط نرم‌افزار Arc Gis 10.3 نقشه نهایی سیل‌خیزی شهرستان همدان مشخص گردید. براساس این نقشه پهنه‌های با خطر بسیار زیاد سیلاب در بخش شرقی، جنوب غربی و به‌صورت پراکنده در قسمت‌هایی از بخش جنوبی و مرکزی منطقه مورد مطالعه واقع گردیده‌اند که بررسی‌ها نشان می‌دهد این مناطق دارای شیب نسبتاً زیاد بوده و از نظر کاربری نیز بر زمین‌های نفوذناپذیر منطبق شده‌اند. نواحی با خطر بسیار کم نیز اغلب در دشت‌ها، دره‌ها و خط‌القعرها که شیب کمتری دارند و اغلب دارای پوشش گیاهی متراکم هستند، واقع شده‌اند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش لزوم توجه به مناطق با خطر سیل‌پذیری بالا در ساخت‌وساز در این قسمت‌ها باید مورد توجه قرار گیرد و برای جلوگیری از خسارت ناشی از سیل، از توسعه شهر در این مناطق جلوگیری به عمل آید و یا قبل از بهره‌برداری از این زمین‌ها اقدامات مقاوم‌سازی در برابر سیلاب در آن‌ها انجام شود. همچنین در صورتی که بناها و



مراکز مهمی از قبل در این قسمت‌ها ساخته شده نسبت به مقاوم‌سازی آن‌ها در برابر سیل و یا تغییر مکان آن‌ها به محل‌های مناسب‌تر مبادرت شود.

## مراجع

1. Ashouri, M., Rezaei Moghaddam, M.H., Piry, Z., (2013). Morphologic Change Assessment of Riverbed Before and after Dam Construction Using HEC RAS Model and GIS (Case Study: Downstream of Satarkhan Dam), Physical Geography Research Quarterly, 45(1): 87-100.
2. Donker, N. H., (2001). A Simple Rainfall-runoff model based on Hydrological Units applied to the teba catchment (south-east Spain); Hydrological processes 15: 135-149.
3. Francisco, N. C. and et al., (1998). Coupling GIS with Hydrologic and Hydrolic Flood modeling management; Water resources management 12: 229-249.
4. Hundecha, Y. and et al., (2001). Development of a fuzzy logic-based rainfall-runoff model, Hydrological Sci J. 46(3): 363-376.
5. Shah, S. M. S. and et al., (1996). Modeling the effects of spatial variability in rainfall on catchment response, 2. Experiments with distributed and lumped models. J. of Hydrological processes 175: 89-111.
6. Snead, D. B., (2000). Development and application of unsteady flood models using geographic information systems. masters thesis, Department of Civil Engineering, The university of texas at Austin.
7. Yang, J., R. D. Townsend and B. Daneshfar, (2006). Applying the HEC-RAS model and GIS techniques in river network floodplain delineation, Can. J. of Civil Eng. 33: 19-28.
۸. محمدپور، رضا. (۱۳۸۶)، "پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از سیستم ساماندهی جغرافیایی GIS" (طرح مطالعاتی: قسمتی از رودخانه قره‌آغاج در استان فارس)، مجموعه مقالات اولین همایش GIS شهری، آمل.
۹. حسین زاده، سیدرضا. (۱۳۸۶)، "اثرات گسترش شهر مشهد بر الگوی زهکشی طبیعی و تشدید سیلاب‌های شهری"، نشریه پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۶۱، صص ۱۴۵-۱۵۹.
۱۰. قنوتی، عزت‌اله؛ کرم، امیر. (۱۳۹۰)، "کارایی روش تحلیل سلسله مراتبی در مطالعات سیل خیزی"، نشریه علمی - پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران. شماره ۳۱، صص ۲۵۵-۲۷۵.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

## استفاده از داده‌های بارش بازتحلیل ERA-Intrim در شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب؛ مطالعه موردی: حوضه آبریز مارون

علی شهبازی<sup>۱</sup>، امیر پورحقی<sup>۲</sup>

۱- دفتر مدل‌های آب و محیط‌زیست، سازمان آب و برق خوزستان.

۲- دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

### چکیده:

امروزه استفاده از مدل‌های بارش رواناب کاربرد زیادی در مدیریت منابع آب پیدا کرده است. مدل مفهومی Mike Nam از جمله مدل‌های پرکاربرد در این زمینه است که بسیار مورد توجه کاربران قرار گرفته است. این مدل به دلیل آنکه به ورودی‌های کمتری برای شبیه‌سازی نیاز دارد، زمان کمتری را صرف شبیه‌سازی می‌کند بنابراین نتایج با سرعت بیشتری به دست خواهند آمد. یکی از داده‌های هواشناسی مورد نیاز این مدل بارش است. روش‌های سنتی که برای بررسی این پارامتر مورد استفاده قرار می‌گیرند، معمولاً مبتنی بر ایستگاه‌های هواشناسی بوده و دارای مشکلات فراوانی از جمله هزینه‌بر بودن، پراکنش نامناسب ایستگاه‌ها، نبود داده اندازه‌گیری می‌باشد. داده‌های اتمسفری بازتحلیلی به عنوان یک ابزار مؤثر، شکاف‌های اندازه‌گیری‌های زمینی را کاهش داده و مشکلات موجود را تا حدودی برطرف می‌نماید. هدف از این مطالعه، مدل‌سازی بارش رواناب حوضه آبریز مارون با استفاده از داده‌های اتمسفری بازتحلیل شده است. برای این منظور از داده‌های هواشناسی ERA-Intrim به عنوان ورودی مدل NAM استفاده گردید. شبیه‌سازی برای ایستگاه هیدرومتری ایدنک انجام و نتایج نشان داد که داده‌های ERA می‌توانند جایگزین خوبی برای داده‌های زمینی باشد.

کلمات کلیدی: بارش-رواناب، مارون، ERA-Intrim.





## ۱- مقدمه

امروزه برآورد رواناب در حوضه‌ها به عنوان یک مسئله مهم در مدیریت منابع آب مطرح است و بخش جدا نشدنی مطالعات طرح‌های آبی به شمار می‌آید. از جمله مدل‌های یکپارچه قدرتمند در زمینه شبیه‌سازی بارش-رواناب مدل مفهومی MIKE NAM است. این مدل داده‌های مربوط به انواع کاربری اراضی، پوشش سطحی و ویژگی‌های پروفیل خاک را در نظر نمی‌گیرد و بیشتر کاربرد آن برای شبیه‌سازی بارش-رواناب است (افخمی و همکاران، ۱۳۹۴). مهم‌ترین داده ورودی این مدل، پارامتر بارش است. روش‌های سنتی مورد استفاده برای این پارامتر دارای مشکلاتی از جمله پرهزینه بودن، عدم استقرار ایستگاه اندازه‌گیری در مناطق صعب‌العبور، پراکنش نامناسب ایستگاه‌های هواشناسی است. رادارهای بارندگی برخی از این مسائل را تا حدودی برطرف می‌نماید اما آن‌ها هم دارای مشکلاتی از جمله پرهزینه بودن، داشتن خطاهای معنی‌دار، ناهمگنی جمع‌آوری داده به خاطر پراکندگی مکانی و خطای تبدیل بازتاب پذیری به نرخ بارندگی و محدودیت پوشش مکانی است. امروزه، با ظهور فناوری‌های پیشرفته در فرآیند دریافت اطلاعات هواشناسی ماهواره‌ای، روش‌های متعددی در زمینه پردازش داده‌ها و برآورد مقادیر بارندگی مطرح شده است. استفاده از داده‌های بازتحلیل شده به عنوان یک ابزار مؤثر، شکاف‌های اندازه‌گیری زمینی را کاهش داده و مشکلات موجود را تا حدودی برطرف می‌نماید. مزیت بررسی بارندگی با استفاده از روش‌های سنجش‌ازدور، شناخت بهتر پدیده بارش و پارامترهای مؤثر آن در یک گستره مکانی وسیع است، به همین دلیل طی دهه‌های اخیر محققان زیادی به تلاش و تحقیق در زمینه تخمین بارندگی با داده‌های بازتحلیلی پرداخته‌اند.

اولین داده‌های بازتحلیل شده با نام FGGE در سال ۱۹۷۹ تولید شد و در اختیار پژوهشگران این زمینه قرار گرفت. در ادامه با توجه به عملکرد این مدل، ایرادهای آن برطرف شد و خروجی‌های مدل پیوسته بهبود یافت. گرچه اصلاح پیوسته مدل‌ها باعث کاهش خطای داده‌های پیش‌بینی و خطای بازتحلیل شده اما از طرفی باعث می‌شد که سری‌های زمانی داده‌های بازتحلیل شده همگنی لازم را در طی زمان از دست بدهند و کارایی لازم برای بررسی تغییرات اقلیمی در سطح کره زمین را نداشته باشند (رضیئی و ستوده، ۱۳۹۶). بنگستون و شکولا، (۱۹۸۸) و ترنت برت و اولسن (۱۹۸۸) برای حل این موضوع پیشنهاد استفاده از یک مدل معین (بدون تغییر در طی زمان) ولی



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



با داده‌های روزآمد را برای تولید داده‌های بازتحلیل شده عرضه دادند. این پیشنهاد سازنده سبب شد تا مراکز تولید داده‌های بازتحلیل شده مانند ECMWF<sup>۱</sup> مدل معینی را برای تولید داده‌های بازتحلیل شده مورد استفاده قرار دهد و داده‌های بازتحلیل شده ۱۵ روزه را عرضه کند که از ۱۹۷۹ تا ۱۵ سال بعد را پوشش می‌داد. مرکز ECMWF بعدها داده‌های ERA-40 را عرضه کرد که نسبت به ERA-15 دقت مکانی و ارتفاعی به مراتب بیشتری داشت. با توجه به بازخورد داده‌های ERA-15 و ERA-40 این مرکز توانست ERA-Intrim را عرضه کند که نسل پیشرفته‌تری از دو نسخه پیشین است (دی و همکاران، ۲۰۱۱). تحقیقات خوبی در زمینه استفاده از داده‌های ECMWF انجام شده است (روپل و راولف، ۲۰۰۱، بلوپریا و همکاران، ۲۰۱۱، ما و همکاران، ۲۰۰۹، شایمن و همکاران، ۲۰۰۸، وانگ و زنگ، ۲۰۱۲، پناآرانسیبیا و همکاران، ۲۰۱۲، دلیو و همکاران، ۲۰۱۴، رودرز و همکاران، ۲۰۱۵).

در ایران نیز کم‌وبیش تحقیقات خوبی در زمینه استفاده از داده‌های پیش‌تحلیل شده انجام شده است (رضیئی و فتاحی، ۱۳۹۰، رضیئی و همکاران (۲۰۰۹، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱)، صدودی و همکاران، ۲۰۱۰، هدایتی دزفولی و آزادی، ۱۳۸۰، تقوی و همکاران (۱۳۹۲). رضیئی و ستوده (۱۳۹۶)، به بررسی داده‌های بارش مرکز اروپایی پیش‌بینی‌های میان‌مدت جوی (ECMWF<sup>۲</sup>) پرداختند. این کار برای مناطق گوناگون اقلیمی ایران انجام شد. نتیجه این بررسی نشان داد که Interim-ERA دقت خوبی در پیش‌بینی بارش بسیاری از نقاط کشور دارد و میزان خطای آن در بیش از ۷۰ درصد از ایستگاه‌های مورد بررسی اندک و قابل چشم‌پوشی است. بررسی مطالعات گذشته نشان داد که در سراسر دنیا تحقیقات زیادی در زمینه استفاده از داده‌های پیش‌تحلیل شده انجام شده است اما در زمینه ارزیابی این داده‌ها به عنوان ورودی مدل‌های هیدرولوژیکی بارش رواناب مانند Mike-Nam تحقیقات زیادی انجام نشده است. هدف از این مطالعه، مدل‌سازی بارش رواناب حوضه آبریز مارون با استفاده از داده‌های پیش‌تحلیل شده است. برای این منظور از داده‌های هواشناسی ERA-Intrim به عنوان ورودی مدل استفاده گردید.

<sup>۱</sup> European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

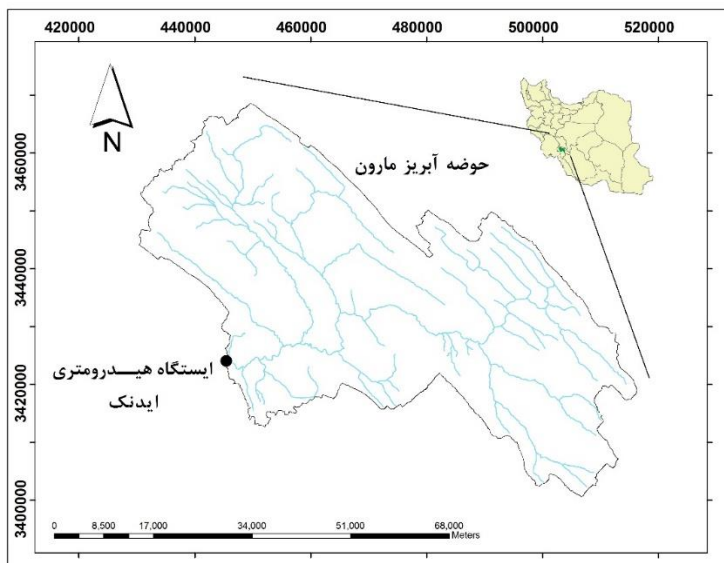
<sup>۲</sup> European Centre for Medium-Range Weather Forecasts



## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

رودخانه مارون در طول مسیر خود تا محل ایستگاه آبسنجی ایدنک واقع در مجاورت دهکده ایدنک از الحاق سرشاخه‌ها و آبراهه‌های مختلف تشکیل شده است و رواناب حاصل از نزولات جوی حوضه‌ای به وسعت ۲۷۵۲ کیلومترمربع را زهکشی می‌نماید. این حوضه توسط حوضه‌های آبریز رودخانه‌های زهره و کارون احاطه گردیده است و به لحاظ تقسیمات سیاسی کاملاً در محدوده استان کهگیلویه و بویراحمد قرار دارد. ارتفاع بلندترین نقطه حوضه از سطح دریا ۳۴۸۹ متر و پایین‌ترین نقطه ۵۹۷/۸۲ متر در خروجی حوضه می‌باشد. ایستگاه آبسنجی ایدنک اولین ایستگاه موجود بر روی رودخانه مارون می‌باشد که در مختصات ۳۰ درجه و ۵۷ دقیقه عرض جغرافیایی و ۵۰ درجه و ۲۵ دقیقه طول جغرافیایی قبل از به هم پیوستن رودخانه قلت به رودخانه مارون واقع شده است. شکل ۱۰ منطقه مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه هیدرومتری ایدنک را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰- منطقه مورد مطالعه



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی

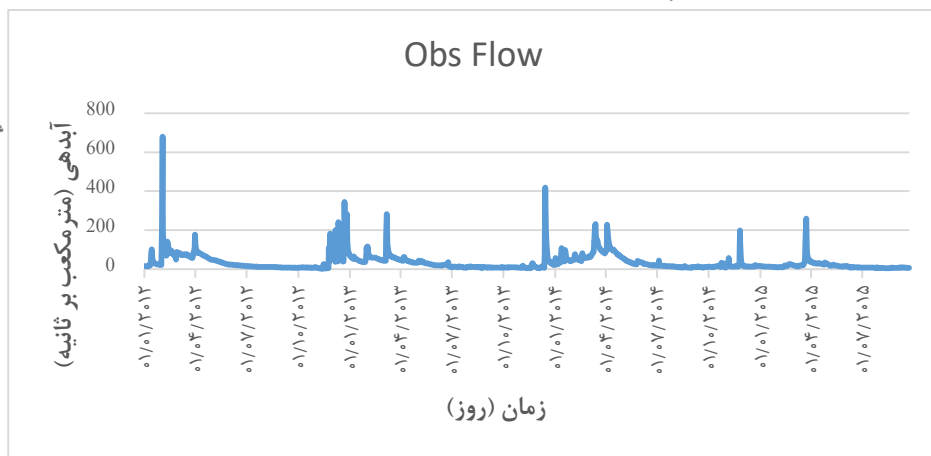


شرکت مدیریت منابع آب ایران



## ۲-۲- جمع‌آوری اطلاعات و ابزار مورد نیاز

به منظور شبیه‌سازی حوضه آبریز مارون از داده‌های آب‌سنجی ایستگاه ایدنک استفاده شد. ایستگاه هیدرومتری ایدنک در ورودی سد مارون در استان خوزستان قرار داد. داده‌های این ایستگاه به صورت روزانه از سال ۱۳۴۵ تاکنون توسط سازمان آب و برق خوزستان ثبت گردیده و در دسترس می‌باشد. سری زمانی روزانه داده‌های آب‌سنجی ایستگاه ایدنک در شکل ۱۱ آمده است. خلاصه آمار ایستگاه هیدرومتری ایدنک در جدول ۲ آمده است.



شکل ۱۱- نمودار آبدهی روزانه ایستگاه هیدرومتری ایدنک

## ۲-۲-۱- اطلاعات هواشناسی

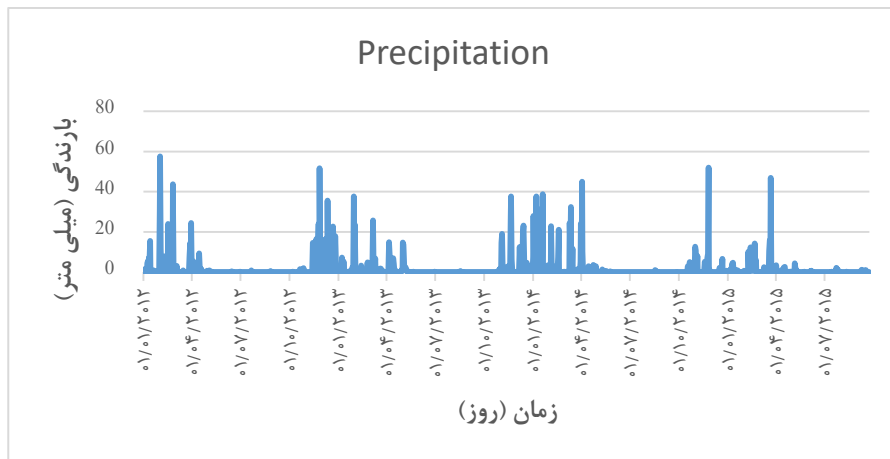
### ۲-۲-۱-۱- ERA-Intrim

شبیه‌سازی مدل بارش- رواناب حوضه آبریز مارون نیازمند داده‌های بارندگی است. این اطلاعات می‌تواند از ایستگاه‌های هواشناسی و سینوپتیکی وزارت نیرو و سازمان هواشناسی تهیه گردد. ایراد این اطلاعات علاوه بر صرف وقت و هزینه زیاد این است که این آمار نماینده یک نقطه روی زمین است و نمی‌تواند میانگین حوضه آبریز را نشان دهد. داده‌های باز تحلیل شده علاوه بر حل این مشکلات، به آسانی در دسترس همگان است و برای تمام حوضه‌های آبریز قابل تهیه است. امروزه





پایگاه‌های اطلاعات هواشناسی متعددی برای تهیه این اطلاعات وجود دارد. هر یک از پایگاه‌ها از الگوریتم خاصی برای تهیه این آمار استفاده می‌کنند که اهمیت بررسی صحت و عدم قطعیت آن‌ها الزامی است. ERA-Interim آخرین به روزرسانی جو زمین است که توسط مرکز اروپایی پیش‌بینی میان‌برد هوا (ECMWF) ارائه شده است. این داده‌ها پارامترهای زیادی از جمله دما، بارش، تبخیر و تعرق، فشار بخار آب و تابش کل خورشیدی را شامل می‌شود. در این تحقیق، از پایگاه داده ERA-Intrim برای تهیه داده‌های بارش استفاده گردید که نمودار آن‌ها در شکل 12 آورده شده است. خلاصه آمار بکار برده شده در جدول 2 آمده است.



شکل 12- نمودار میانگین بارش روزانه پایگاه اطلاعات داده ERA-Intrim برای حوضه آبریز مارون

جدول 2- خلاصه آمار داده‌های آب‌سنجی و هواشناسی مورد استفاده

| نام ایستگاه | نوع ایستگاه | میانگین | حداکثر | حداقل | انحراف معیار |
|-------------|-------------|---------|--------|-------|--------------|
| ایدنک       | هیدرومتری   | ۳۳/۴۱   | ۶۸۰    | ۱/۹۷  | ۴۱/۴۲        |
| ERA-Intrim  | بارندگی     | ۱/۳۴    | ۵۷/۵۵  | ۰     | ۵/۳۱         |





### ۳- نتایج

#### ۳-۱- کالیبراسیون مدل

جهت کالیبراسیون مدل بارش-رواناب حوزه آبریز سد مارون، لازم است از سری زمانی آینده جریان در ایستگاه ایدنک (اخذ شده از سازمان آب و برق خوزستان) استفاده شود. فرآیند کالیبراسیون مدل معمولاً به صورت دستی و یا با استفاده از روش‌های موجود کالیبراسیون یعنی به صورت دستی و یا اتوماتیک انجام شد. تنظیم پارامترها به صورت سعی و خطا مکرراً انجام می‌شود تا اینکه نتایج رضایت بخشی برای نتایج شبیه‌سازی آینده حاصل گردد. با استفاده از داده‌های بارش ERA و آینده ایستگاه هیدرومتری ایدنک برای تاریخ (۲۰۱۲/۰۱/۰۱) تا (۲۰۱۵/۰۹/۲۲) شبیه‌سازی حوزه انجام شد. با اجراهای مختلف، پارامترهای مدل بهینه شد که نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است. سری زمانی و نمودار پراکندگی مدل در اشکال (شکل ۱۳، شکل ۱۴) نشان داده شده است. ضریب همبستگی بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده ۰/۶۸ است که نشان از دقت مدل‌سازی در بازه مورد نظر دارد. همچنین بررسی مقدار آینده تجمعی در طول دوره شبیه‌سازی، نشان می‌دهد که مدل برای برنامه‌ریزی دراز مدت منابع آب و محاسبه حجم آب در دسترس مناسب است (شکل ۱۵).

جدول ۳- مقادیر بهینه پارامترهای مدل NAM

| Parameter | Initial Value | Lower Bound | Upper Bound |
|-----------|---------------|-------------|-------------|
| Umax      | 20            | 10          | 20          |
| Lmax      | 100           | 100         | 300         |
| CQOF      | 0.321         | 0.1         | 1           |
| CKIF      | 288.9         | 200         | 1000        |
| CK1.2     | 30.4          | 10          | 50          |
| TOF       | 0.000437      | 0           | 0.99        |
| TIF       | 0.524         | 0           | 0.99        |
| TG        | 9.80E-05      | 0           | 0.99        |
| CKBF      | 3994          | 1000        | 4000        |



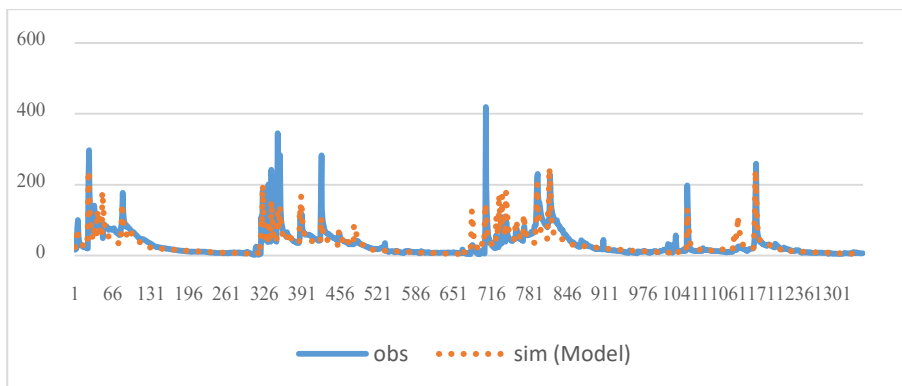


با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

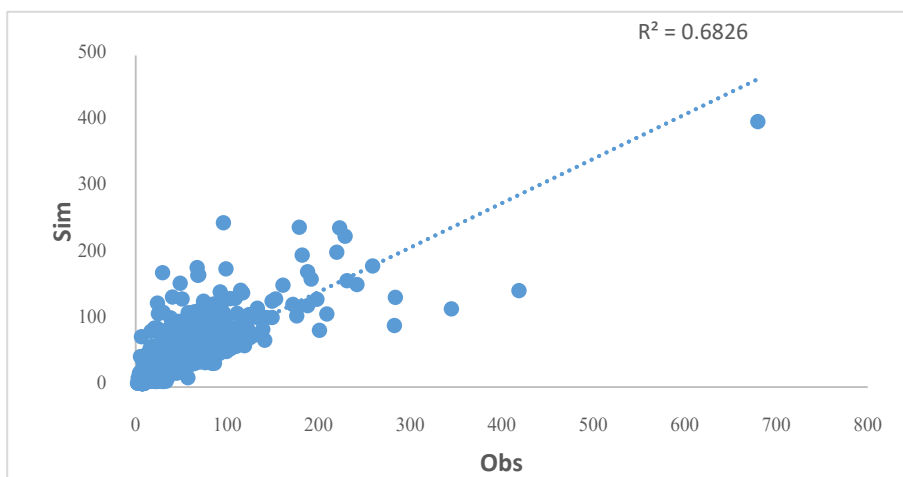
# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



شکل ۱۳- سری زمانی داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده مدل Mike-Nam



شکل ۱۴- نمودار پراکندگی داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده مدل Mike-Nam



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



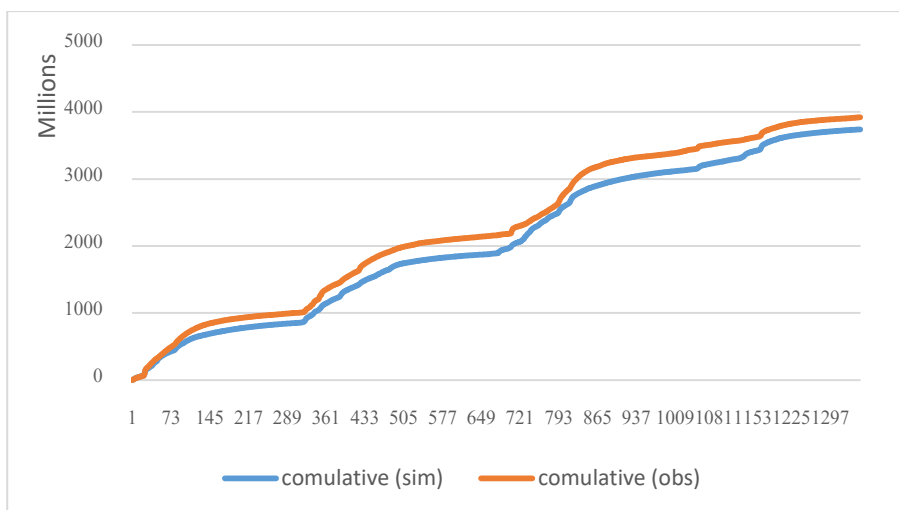
پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦♦♦ info@ifmc.ir  
♦♦♦ www.ifmc.ir  
♦♦♦ ۲۳ و ۲۲ آبان‌ماه ۱۳۹۶

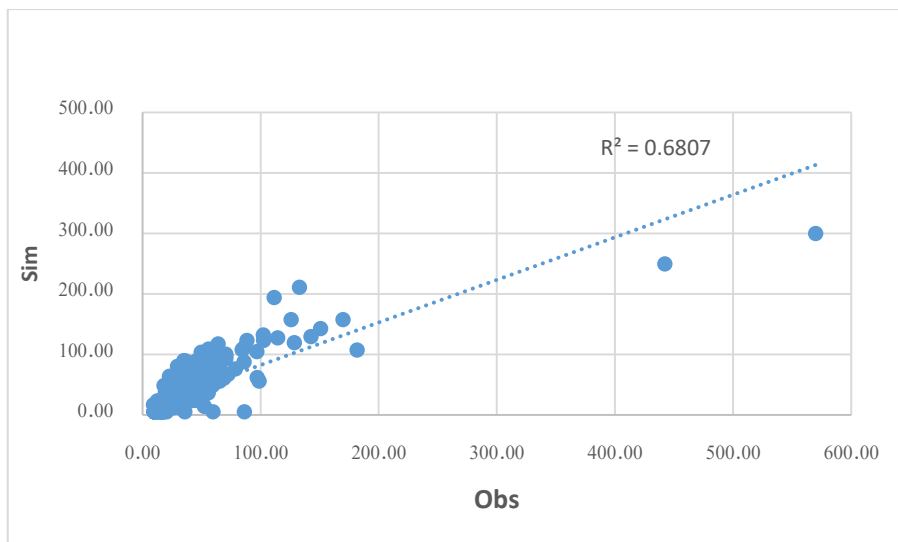




شکل ۱۵- سری زمانی مقادیر تجمعی مشاهداتی و شبیه‌سازی شده مدل

### ۳-۲- صحت‌سنجی

به منظور اطمینان به نتایج کالیبراسیون، لازم است مدل صحت‌سنجی شود. به این معنا که با ثابت در نظر گرفتن پارامترهای بهینه شده در مرحله کالیبراسیون، مدل برای یک دوره یک‌ساله اجرا و نتایج آن مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این تحقیق، صحت‌سنجی برای دوره یک‌ساله ۲۰۱۵/۰۹/۲۲ تا ۲۰۱۶/۰۹/۲۲ انجام شد. نمودار پراکندگی برای دوره صحت‌سنجی در شکل ۱۶ مشاهده می‌گردد. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد مدل به خوبی توانسته شبیه‌سازی را انجام دهد و نتایج آن قابل اعتماد است.



شکل 16- نمودار پراکندگی مقادیر مشاهداتی و محاسباتی در دوره صحت‌سنجی برای مدل شبیه‌ساز

#### ۴- نتیجه‌گیری

استفاده از مدل‌های بارش-رواناب همچون Mike-Nam به‌عنوان ابزاری کارآمد در مدیریت حوضه‌های آبریز همواره مورد توجه بوده است. از جمله پارامترهای ورودی این مدل، بارش است. استفاده از داده‌های زمینی بارش دارای مشکلاتی همچون هزینه‌بر بودن، پراکنش نامناسب ایستگاه‌های هواشناسی، نبود ایستگاه در مناطق صعب‌العبور است. استفاده از داده‌های بازتخلیلی ERA-Intrim می‌تواند یک راه‌حل مناسب جهت حل این مشکلات باشد. برای این منظور، برآورد و پیش‌بینی آبنمود ایستگاه آب‌سنجی ایدنک با استفاده از داده‌های ERA-Intrim مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که داده‌های ERA می‌تواند نماینده خوبی برای بارش حوضه آبریز مورد مطالعه باشد. این داده‌ها با صرف کمترین هزینه و وقت توانسته بهترین میانگین از بارش روزانه منطقه را به دست بدهد.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



## ۵- سیاست‌گذاری

از سازمان آب و برق خوزستان و دفتر پژوهش‌های کاربردی به خاطر حمایت جهت انجام این کار تشکر و قدردانی می‌نماییم.

## منابع و مآخذ

۱. افخمی، مریم، صالح، فرزین نصیری. ۱۳۹۴. "ارزیابی عملکرد مدل‌های هیدرولوژیکی توزیعی و یکپارچه در شبیه‌سازی متوسط روزانه دبی جریان درحوضه آبریز رودخانه قره‌سوداردبیل". مجله علمی پژوهشی عمران مدرس. دوره پانزدهم، ویژه نامه، تابستان ۱۳۹۴.
۲. رضیئی، طیب و فاطمه ستوده. ۱۳۹۶. "بررسی دقت مرکز اروپایی پیش‌بینی‌های میان‌مدت جوی (ECMWF) در پیش‌بینی بارش مناطق گوناگون اقلیمی ایران". مجله فیزیک زمین و فضا. دوره ۴۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، صفحه ۱۳۳-۱۴۷.
۳. هدایتی دزفولی، ا. و آزادی، م. ۲۰۱۱. "راستی آزمایی پیش‌بینی بارش مدل منطقه‌ای MM5 روی ایران"، م. فیزیک زمین و فضا، ۳۶ (۳): ۱۲۹-۱۱۵.
۴. تقوی، ف.، نیستانی، ا. و قادر، س. ۲۰۱۱. "ارزیابی پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت بارش مدل عددی WRF در منطقه ایران در دوره یک ماهه". م. فیزیک زمین و فضا، ۳۹ (۲): ۱۷۰-۱۴۵.
5. Bengtsson, L. and Shukla, J., 1988, Integration of space and in situ observations to study global climate change, Bull. Am. Meteorol. Soc., 69. 1130-1143.
6. Dee, D., Uppala, S., Simmons, A., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A.C.M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A. J., Haimberger, L., Healy, S. B., Hersbach, H., Hólm, E. V., Isaksen, I., Kallberg, P., Köhler, M., Matricardi, M., McNally, A. P., Monge-Sanz, B. M., Morcrette, J. J., Park, B. K., Peubey, C., de Rosnay, P., Tavolato, C., Thépaut, J. N. and Vitart, F., 2011, The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system, Q. J. R. Meteorol. Soc., 137, 591-616.
7. Rubel, F. and Rudolf, B., 2001, Global daily precipitation estimates proved over the European Alps, Meteorol Z, 10(5), 407-418.
8. Belo-Pereira, M., Dutra, E. and Viterbo, P., 2011, Evaluation of global precipitation data sets over the Iberian Peninsula, Journal of Geophysical Research, Atmospheres, 116, D20101.
9. Ma, L., Zhang, T., Frauenfeld, W., Oliver, Y., Yang, D. and Qin, D., 2009, Evaluation of precipitation from the ERA-40, NCEP-1, and NCEP-2 Reanalyses and CMAP-1, CMAP-2, and



- GPCP-2 with ground-based measurements in China, J Geo Rese, 114, doi:10.1029/2008JD011178, 2009.
10. Schiemann, R., luthi, D., Luigi, V. P. and Schar, h., ۲۰۰۸ The precipitation climate of Central Asia – intercomparison of observational and numerical data sources in a remotesemiarid region, Int. J. Climatol, 28, 295–314.
11. Wang, A. and Zeng, X., 2012, Evaluation of multireanalysis products with in situ observations over the Tibetan Plateau, Jour Geo Resea, 117, D05102, doi: 10.1029/2011JD016553.
13. Pena–Arancibia, J. L., Van dijk, A. I. J. M., Renzullo, L. J. and Mulligan, M., 2013, Evaluation of Precipitation Estimation Accuracy in Re–analyses, Satellite Products, and an Ensemble Method for Regions in Australia and South and East Asia, Jour Hydromet, 14, 1323–1333.
14. deLeeuw, J., Methven, J. and Blackburn, M., 2014, Evaluation of ERA–Interim reanalysis precipitation products using England and Wales observations, Q. J. R. Meteorol. Soc., 141, 798–806.
15. Rhodes, R. I., Shaffrey, L. C. and Gray, S. L., ۲۰۱۵ Can reanalyses represent extreme precipitation over England and Wales?, Q. J. R. Meteorol. Soc, 141, 1114–1120.
16. Raziei, T. and Pereira. S. L., 2013, Spatial variability analysis of reference evapotranspiration in Iran utilizing fine resolution gridded datasets, Agri Water Manage, 126, 104–118.
17. Raziei, T., Bordi, I. and Pereira, L. S., 2011, An application of GPCC and NCEP/NCAR datasets for drought variability analysis in Iran, Water Resour Manage, 25, 1075–1086.
19. Raziei, T., Bordi, I., Pereira, L. S. and Sutera, A., ۲۰۱۰, Space–time variability of hydrological drought and wetness in Iran using NCEP/NCAR and GPCC datasets, Hydrol Earth Syst. Sci., 14, 1919–1930.
21. Raziei, T., Saghaifan, B., Paulo, A. A., Pereira, L. S. and Bordi, I., 2009, Spatial and temporal variability of drought in western Iran, Water Resour. Manage, 23, 439–455.
22. Sodoudi, S., Noorian, A. M., Manfred, G. and Eberhard, R., 2010, Daily precipitation forecast of ECMWF verified over Iran, TheorApplClimatol, 99, 39–51.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



شرکت مدیریت منابع آب ایران



HN-01250107



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

## بررسی اثر پخش سیلاب در کنترل سیلاب رودخانه دز با استفاده از مدل ریاضی مناسب؛ مطالعه موردی: سیلاب فرودین ۱۳۹۵

مرتضی زرگر<sup>۱\*</sup>، مریم موسوی<sup>۲</sup>، حسین محمدولی سامانی<sup>۳</sup>

۱- دکتری عمران آب، شرکت آوای آب شبینم.

۲- کارشناسی ارشد مهندسی عمران- مهندسی رودخانه، شرکت آوای آب شبینم.

۳- دکتری عمران، استاد دانشگاه شهید چمران اهواز.

### چکیده:

مدیریت سیلاب به منظور کاهش خسارت جانی و مالی ناشی از آن از حائز اهمیت‌ترین مباحث در علم مهندسی رودخانه می‌باشد. مدل‌های هیدرودینامیکی متعددی در زمینه شبیه‌سازی هیدرولیکی سیل در دنیا توسعه یافته‌اند.

در این مقاله با استفاده از سه مدل هیدرولیکی یک‌بعدی، شبه دو بعدی و یک بعدی-دو بعدی وضعیت سیلاب رودخانه‌های کارون و دز با مطالعه موردی سیلاب فرودین ۱۳۹۵ بررسی شده است. به دلیل پست بودن سیلاب دشت‌های این رودخانه‌ها نسبت به کانال رودخانه، هنگام خروج سیلاب از مقطع رودخانه، دو جریان با عمق و سرعت متفاوت، در کانال رودخانه و سیلاب دشت‌ها ایجاد می‌گردد. اگر از مدل‌های یک‌بعدی برای مدل‌سازی هیدرولیکی آن‌ها استفاده شود، نتایج مدل ریاضی با واقعیت مطابقت نداشته و قابل استناد برای اخذ تصمیم‌های صحیح مدیریتی نیستند.

دقیق‌ترین مدل جهت شبیه‌سازی رودخانه‌های دارای سیلاب دشت‌های با شیب منفی مدل‌های دو بعدی یا یک بعدی-دو بعدی می‌باشد ولی زمان اجرای این مدل‌ها طولانی بوده و در موارد اتخاذ تصمیم‌گیری سریع قابل استفاده نیستند. لذا مناسب‌ترین مدل جهت بررسی شرایط سیلابی این دسته از رودخانه‌ها، مدل‌های شبه دو بعدی می‌باشد که علاوه بر زمان اجرای کوتاه، شبیه‌سازی پخش سیلاب را نیز به خوبی انجام می‌دهند.

کلمات کلیدی: MIKE 11، سیلاب، مدل‌سازی، شبه دو بعدی، MIKE Flood.



## ۱. مقدمه

سیلاب پدیده‌ای است طبیعی که مانند هر بلای طبیعی دیگری دارای آثار تخریبی غیرقابل اجتناب است. امروزه مدیریت سیلاب به منظور کاهش خسارت‌های جانی و مالی ناشی از آن از حائز اهمیت‌ترین مباحث در مهندسی رودخانه می‌باشد. به‌طور کلی هدف از پیش‌بینی سیلاب اطلاع از چگونگی جریان، حجم، شدت، تداوم، مکان و مساحت آب‌گرفتگی، تعیین ظرفیت بستر اصلی رودخانه و دشت سیلابی اطراف آن، تغییرات احتمالی در ظرفیت ذخیره و در نهایت زمان وقوع سیلاب‌ها است. تعیین این پارامترها اهمیت ویژه‌ای در طراحی و نگهداری تأسیسات آبی و برنامه ریزی و آماده‌سازی برای به حداقل رساندن خسارات جانی و مالی و آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از آن دارد [۱].

با بارندگی‌های بهار سال ۱۳۹۵ در استان‌های نیمه غربی کشور خصوصاً لرستان، ایلام و خوزستان، بحثی که از حدود ۱۱ سال پیش یعنی از زمان سیلاب سال ۱۳۸۴ در استان خوزستان فراموش شده بود، دوباره جدی شد. سیلاب‌های اخیر سبب پر شدن مخزن سد دز و باز شدن دریاچه‌های سرریز سد دز با دبی پیک حدود ۴۸۵۰ مترمکعب بر ثانیه شد.

پس از رهاسازی سیلاب از مخزن سد دز در رودخانه پایین‌دست تقریباً به مدت یک هفته تمامی مقامات کشوری و استانی درگیر مدیریت سیلاب رها شده از رودخانه دز بودند و یکی از نگرانی‌های مسئولین محترم، نگرانی از آب‌گرفتگی کلان‌شهر اهواز بود. اما در نهایت سیلاب رها شده از سد دز با پیک ۴۸۵۰ مترمکعب بر ثانیه بدون هیچ مشکلی با پیک حدود ۱۴۲۰ مترمکعب بر ثانیه از مقطع شهر اهواز عبور نمود. یکی از سؤالات بسیار مهم پس از باز شدن دریاچه‌های سد دز این بود که سیلاب رها شده در چه زمانی به نقاط مختلف رودخانه دز و کارون خواهد رسید و وقتی به این نواحی می‌رسد، حداکثر سیلاب چه مقدار می‌باشد و این سیلاب چه خطراتی را ایجاد خواهد کرد. سؤال اصلی دیگر این بود که در طول رودخانه دز و کارون چه اتفاقی رخ داده است که در مقطع شهر اهواز از پیک سیلاب رها شده از سد دز حدود ۷۰ درصد کاسته شده است.

مدل‌های متعددی در زمینه پیش‌بینی سیل در دنیا توسعه یافته است که از نقطه نظر پیچیدگی و سهولت به کارگیری، به درجات متعددی تقسیم شده‌اند. در این زمینه مدل‌های هیدرودینامیکی متعدد یک، دو، سه بعدی و کوپل در زمینه شبیه‌سازی هیدرولیکی سیل توسعه یافته‌اند.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



هاردی و همکاران [۲] نشان دادند که مدل‌های یک‌بعدی به زمان محاسباتی محدودی نیاز دارند ولی تنها امکان بررسی پارامترهای هیدرولیکی کانال رودخانه را در اختیار کاربر قرار می‌دهند. درحالی‌که مدل‌های دو‌بعدی امکان بررسی تغییرات سطح آب میان کانال اصلی و سیلاب‌دشت‌ها و جریان دوبعدی در سیلاب‌دشت‌ها را فراهم می‌سازند.

موسی و بوکویون [۳] نشان دادند که یکی از مهم‌ترین محاسن مدل‌های یک‌بعدی در مقایسه با مدل‌های دو و سه‌بعدی، ساده‌تر بودن معادله‌های حاکم بر آن‌ها (به علت صرف نظر کردن از برخی بخش‌های معادله‌ها با توجه به شرایط فیزیکی توجیه‌کننده حاکم)، گره‌های محاسباتی کمتر و در نتیجه حجم محاسبات پایین‌تر، کوتاه‌تر بودن زمان اجرا و تحلیل آسان نتایج آن‌ها است. در مقابل، مدل‌های یک‌بعدی پارامترهای هیدرولیکی مانند سرعت، عمق جریان، عرض سطح آب و ... را به صورت متوسط در مقطع محاسبه می‌کنند و اطلاعاتی از جزئیات جریان در سیلاب‌دشت‌ها ارائه نمی‌دهند. همچنین مسیرهای جریان باید از قبل برای آن‌ها مشخص باشد. درحالی‌که مدل‌های دوبعدی، سه‌بعدی یا کوپل جزئیات جریان در سیلاب‌دشت‌ها (عمق، سرعت و ...) را بدون نیاز به تعریف مسیرهای جریان ارائه می‌دهند، ولی به دلیل شبکه محاسباتی سنگین به زمان اجرای بیشتری نیاز دارند.

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که مدل‌های شبه دوبعدی گزینه مناسبی میان مدل‌های یک و دوبعدی هستند که به خصوص برای رودخانه‌های طولانی، زمان و حجم محاسبات کمتر و دقت قابل قبولی دارند.

مدل‌های شبه دوبعدی روش‌هایی از شبیه‌سازی هیدرولیکی جریان هستند که سیلاب‌دشت‌ها را به صورت حجم‌های ذخیره یا به صورت شبکه‌ای از شاخه‌های یک‌بعدی جریان که با استفاده از سازه‌های ارتباطی (خاکریز، سرریز و ...) به کانال اصلی متصل شده‌اند، شبیه‌سازی می‌کنند و یا جریان در کانال اصلی را به صورت یک‌بعدی (با حل یک‌بعدی معادله‌های کامل سنت و نانت) و جریان در سیلاب‌دشت‌ها را با استفاده از روابط دوبعدی جریان‌های سطحی مدل می‌کنند [۴].





ویلاژن و همکاران [۵] دو روش شبیه‌سازی شبه دوبعدی شامل: روش سلول‌های سیلاب<sup>۱</sup> (FC) و روش شاخه‌های مجازی<sup>۲</sup> (FRB) را برای بازه‌ای به طول پنج کیلومتر از رودخانه دندر در بلژیک را مورد بررسی قرار دادند. در روش سلول‌های سیلاب، سیلاب‌دشت‌ها به صورت حجم‌های ذخیره و در روش شاخه‌های مجازی، سیلاب‌دشت‌ها به صورت شبکه‌ای از شاخه‌های مجازی که به رودخانه متصل شده‌اند، مدل می‌شوند. آن‌ها در مطالعه خود برای شبیه‌سازی با روش سلول‌های سیلاب، از مدل InfoWorks-RS و برای روش شاخه‌های مجازی، از مدل‌های InfoWorks-RS، MIKE 11 و HEC-RAS استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها قابلیت روش‌های شبه دوبعدی در مدل‌سازی سیلاب‌دشت‌ها را به عنوان حد میانه مدل‌های یک و دوبعدی تأیید می‌کند. اگرچه هر سه مدل از حل معادله‌های سنت و نانت استفاده می‌کنند، ولی به دلیل شبیه‌سازی متفاوت سیلاب‌دشت و تفاوت در سازه‌های هیدرولیکی عبوردهنده جریان به سیلاب‌دشت‌ها، تفاوت‌هایی در نتایج آن‌ها با هم دیده شده است و با این وجود به طور کلی نتایجی نزدیک به هم داشتند.

رایت و همکاران [۶] رودخانه سورن در انگلستان را با مدل شبه دوبعدی MIKE 11 با قابلیت کانال‌های ارتباطی و مدل دو بعدی LISFLOOD-FP شبیه‌سازی کردند و دبی پیک محاسبه شده توسط هر دو مدل را با تفاوتی قابل قبول، مشابه یافتند.

توتجا و شیخ [۷] سه مدل MIKE FLOOD، MIKE 21 و MIKE 11 شبه دوبعدی (با استفاده از کانال‌های ارتباطی) را برای شرایط سیلابی رودخانه موری در استرالیا شبیه‌سازی کردند. مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که با افزایش دبی، نتایج سه مدل اندکی متفاوت می‌شود، ولی همچنان تفاوت مساحت سیل‌گیر محاسبه شده به وسیله این نرم‌افزارها بین ۰ تا ۱۰ درصد باقی می‌ماند.

مطالعه قلی‌نژاد و ظهیری [۸] نشان می‌دهد که در شرایط عادی که عمق جریان از لبه مقطع اصلی کمتر می‌باشد، محاسبه دبی جریان، ساده بوده و از رابطه مانینگ و با توجه به هندسه رودخانه و ضریب زبری آن به دست می‌آید اما محاسبه دبی جریان در شرایط سیلابی که جریان وارد دشت‌های سیلابی می‌شود، کار ساده‌ای نیست. مهم‌ترین بخش غیرقابل اطمینان در تحلیل رودخانه‌ها، دقت پیش‌بینی ظرفیت حمل دبی کانال با دشت سیلابی می‌باشد. در دشت‌های



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

1 - Flood Cells

2 - Fictitious River Branches



سیلابی با عمق کم، شعاع هیدرولیکی، به‌طور ناگهانی افزایش می‌یابد و اگر دبی برای یک کانال منفرد تخمین زده شود، مطمئناً با خطا همراه خواهد بود. به همین دلیل استفاده از روابط مرسوم در تعیین پارامترهای هیدرولیکی جریان مانند مانینگ، شزی، دارسی-وایسباخ باعث خطا در محاسبات می‌شود. محاسبه درست دبی جریان برای مدیریت بهتر دشت‌های سیلابی، ایجاد سیستم‌های هشدار سیل، ایجاد سدهای تأخیری، طراحی، نگهداری و بهره‌برداری از رودخانه، پیش‌بینی سیل و تراز سطح آب از اهمیت بسیاری برخوردار است. یکی از روش‌های مناسب برای تخمین درست دبی جریان در رودخانه‌ها، برآورد توزیع عرضی سرعت می‌باشد که در این مطالعه از یک مدل بسیار ساده یک‌بعدی و مدل ریاضی شبه دویبعی برای محاسبه توزیع عرضی سرعت در رودخانه استفاده شده است و با توجه به آن دبی کل جریان در مقاطع محاسبه می‌شود.

موسوی و همکاران [۹] در سال ۱۳۹۳ به‌منظور بررسی پخش سیلاب برای رودخانه‌های جاری در دشت‌ها، رودخانه دز را با استفاده از شبیه‌سازی یک‌بعدی، شبه دویبعی و یک‌بعدی-دویبعی مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در مطالعه خود از سه شیوه شبیه‌سازی سیلاب، شامل مدل‌سازی یک‌بعدی MIKE 11 با استفاده از مقاطع موجود، مدل شبه دویبعی MIKE 11 با استفاده از قابلیت LINK CHANNELS و مدل یک‌بعدی-دویبعی MIKE FLOOD استفاده کرده‌اند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان می‌دهد که مدل شبه دویبعی با وجود زمان اجرای بسیار کوتاه‌تر نسبت به مدل یک‌بعدی-دویبعی، دقت قابل‌قبولی در ارزیابی دبی، عمق جریان، شبیه‌سازی روند پخش و کاهش حجم سیلاب دارد که با واقعیت ذخیره شدن بخشی از سیلاب در دشت‌ها انطباق دارد و قادر است مشخصات جریان را در کانال اصلی رودخانه و سیلاب دشت‌ها به تفکیک ارائه دهد. درحالی‌که برای مدل یک‌بعدی با مقاطع موجود، امکان شبیه‌سازی پخش، تخفیف دبی و کاهش حجم سیلاب در اثر پخش وجود ندارد. این مدل پارامترهای هیدرولیکی جریان را به‌طور متوسط در کل مقطع ارائه می‌دهد. همچنین روندیابی سیلاب در این مدل قابل بررسی نیست.

فیاضی و همکاران [۱۰] دقت دو نرم‌افزار MIKE FLOOD و MIKE 11 را در پهنه‌بندی سیلاب در محدوده‌ای از رودخانه کشکان بررسی نمودند. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که در رودخانه‌های کم‌عرض و جاری در دره‌های V شکل تفاوتی در نتایج شبیه‌سازی بین این دو مدل وجود ندارد، ولی در مناطق دشتی تفاوت بسیاری بین این دو شبیه‌سازی وجود دارد و به‌منظور حصول



اطمینان از صحت شبیه‌سازی و ارزش نتایج حاصله بایستی از مدل یک‌بعدی-دو بعدی MIKE FLOOD استفاده گردد.

ویلمز و همکاران [۱۱] از مدل شبه‌دو بعدی MIKE11 را برای تعیین پهنه‌های سیلابی رودخانه دندر در بلژیک به کار بردند. از نتایج مطالعه آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: پاسخ‌های دقیق‌تر تراز سطح آب و پهنه سیلاب محاسبه شده در سیلاب‌دشت‌ها، نیاز به دقت بالای تراز لبه مقاطع کانال اصلی به خصوص در مقاطعی که تراز جریان از کرانه مقطع فراتر می‌رود، دارد که این امر ضرورت انجام نقشه‌برداری دقیق را ایجاب می‌نماید، تعریف رودخانه‌های مجازی به صورت مستقیم و کم قوس (به دلیل تقاطع کم‌تر مقاطع عرضی) مناسب‌تر است و تعریف مقاطع عرضی سیلاب‌دشت‌ها باید با ابعاد و موقعیت مناسب که ارزیابی مناسبی از محدوده سیل‌گیر ارائه دهد، انجام گیرد.

در این مقاله با استفاده از سه مدل هیدرولیکی یک‌بعدی، شبه‌دو بعدی و یک‌بعدی-دو بعدی وضعیت سیلاب رودخانه‌های کارون و دز با مطالعه موردی سیلاب فروردین ۱۳۹۵ بررسی شده است.

## ۲. بررسی وضعیت سیلاب‌دشت‌های رودخانه دز

پدیده گسترش سیلاب در رودخانه دز در بازه بین حرمله تا بند قیر در بیشتر مناطق آن رفتار یک‌بعدی ندارد. در این مناطق به دلیل وجود دشت‌هایی وسیع و کم ارتفاع در حاشیه رودخانه و وجود اختلاف ارتفاع بین لبه رودخانه و سیلاب‌دشت‌های اطراف آن، در صورت خارج شدن جریان سیلابی از رودخانه و ورود سیلاب به دشت‌های حاشیه، دو نوع جریان با عمق و سرعت‌های مختلف یکی در رودخانه اصلی و دیگری در سیلاب‌دشت‌های اطراف آن تشکیل می‌گردد و به دلیل شیب بسیار کم سیلاب‌دشت‌ها امکان برگشت جریان ورودی به آن‌ها، بلافاصله به رودخانه نیز بسیار ناچیز می‌باشد. (مانند سیلاب سال ۱۳۹۵ رودخانه دز) در چنین رودخانه‌هایی بسته به حجم سیلاب خروجی از رودخانه، حتی پس از فروکش کردن سیلاب در رودخانه اصلی تا مدت‌ها جریان سیلابی در سیلاب‌دشت‌های اطراف آن باقی خواهد ماند. در شکل ۱ تصویر یک مقطع نمونه از رودخانه دز در بازه حرمله تا بامدژ نشان داده شده است. همان‌طور که در تصویر فوق ملاحظه



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



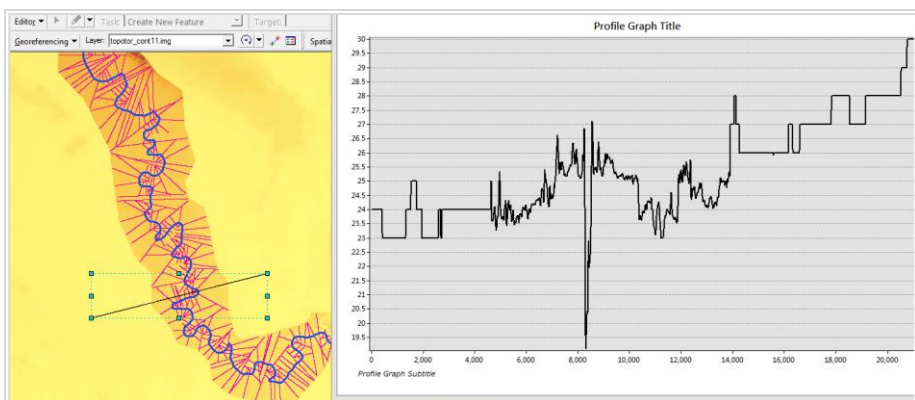
پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



می‌گردد در این منطقه سیلاب دشت‌های سمت چپ و راست رودخانه دارای تراز کمتری نسبت به لبه رودخانه می‌باشند و شیب زمین از رودخانه به سمت سیلاب دشت می‌باشد.



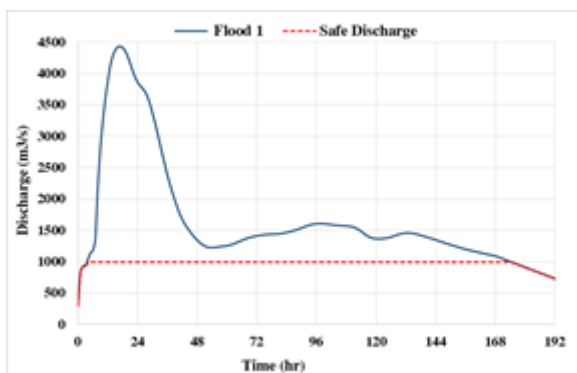
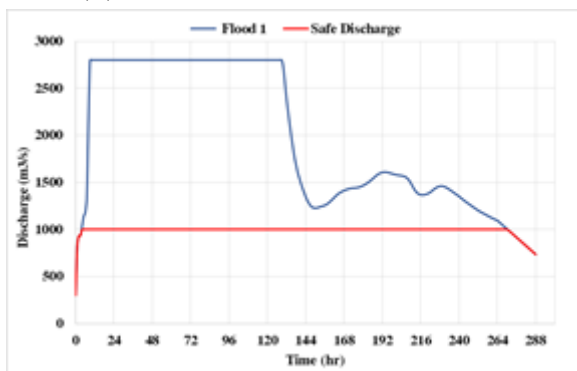
شکل ۱- تصویر یک مقطع عریض نمونه در بازه حرمله تا بامدژ

در بازه موردنظر تا دبی مطمئن رودخانه که حدود ۱۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد، تقریباً به غیر از چند قوس، آبگرفتگی دیگری نخواهیم داشت ولی از دبی ۱۰۰۰ مترمکعب به بالا و در صورت شکسته شدن سیل بندهای محلی، سیلاب از رودخانه خارج می‌گردد و بسته به میزان حجم سیلابی که وارد رودخانه می‌شود، سطح آبگرفتگی گسترش می‌یابد.

لذا در این منطقه وسعت آبگرفتگی اراضی حاشیه رودخانه به حجم سیلاب ورودی از رودخانه اصلی به سیلاب دشت‌ها وابسته است؛ نه پیک سیلاب. در چنین رودخانه‌هایی به دلیل شرایط توپوگرافی منطقه این احتمال وجود دارد که به ازای یک دبی ثابت با زمان تداوم‌های مختلف بدون تغییر در رقوم سطح آب رودخانه فقط با تغییر زمان تداوم سیلاب، دو پهنه سیلاب متفاوت در حاشیه رودخانه و دو خسارت سیلاب متفاوت داشته باشیم. همچنین این احتمال وجود دارد با دو هیدروگراف با دبی پیک مساوی ولی با زمان تداوم مختلف و حجم زیر هیدروگراف متفاوت نیز، دو پهنه سیلاب متفاوت در حاشیه رودخانه و دو خسارت سیلاب متفاوت داشته باشیم. برای درک بهتر موضوع در شکل ۲ دو هیدروگراف نمونه نشان داده شده‌اند. به دلیل شرایط خاص منطقه مورد بررسی هرچند هیدروگراف سمت راست دارای پیک سیلاب کمتری می‌باشد؛ ولی به دلیل



اینکه تداوم دبی‌های بالای ۱۰۰۰ مترمکعب در آن به مراتب بیشتر از هیدروگراف سمت چپ می‌باشد و در نتیجه در صورت شکسته شدن سیل بندها حجم سیلاب بیشتری وارد سیلاب دشت‌ها می‌شود، خسارت هیدروگراف سیلاب سمت راست از هیدروگراف سیلاب سمت چپ بیشتر می‌باشد.



شکل ۲- مقایسه دو هیدروگراف نمونه با پیک و حجم زیر هیدروگراف متفاوت

جهت درک بهتر موضوع به ازای دبی‌های مختلف با زمان تداوم‌های مختلف نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب رودخانه دز با استفاده از نرم‌افزار MIKE Flood تهیه گردید. در پهنه‌های تهیه شده فرض گردید که در اطراف رودخانه هیچ سیل‌بندی وجود ندارد و در سیلاب دشت نیز هیچ عارضه مصنوعی مانند جاده، کانال، خط آهن جهت محدود کردن سیلاب وجود ندارد. در اشکال



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی

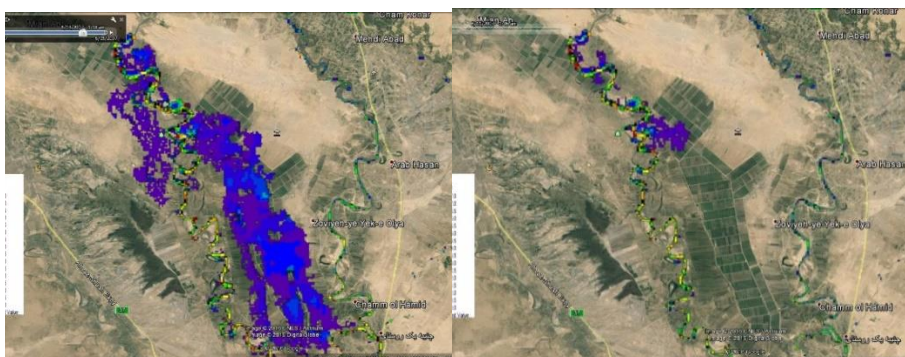


شرکت مدیریت منابع آب ایران





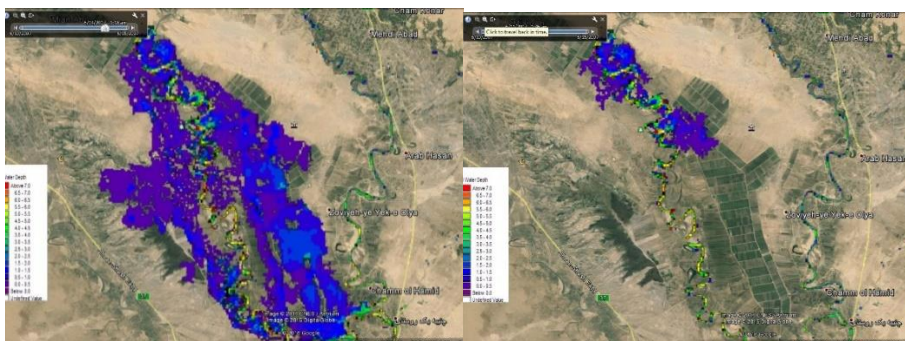
۳ تا ۵ پهنه‌بندی سیلاب در بازه حرمله تا بند قیر به ازای دبی‌های مختلف با زمان تداوم‌های مختلف نشان داده شده است.



الف: زمان تداوم ۵ روز

ب: زمان تداوم ۲ روز

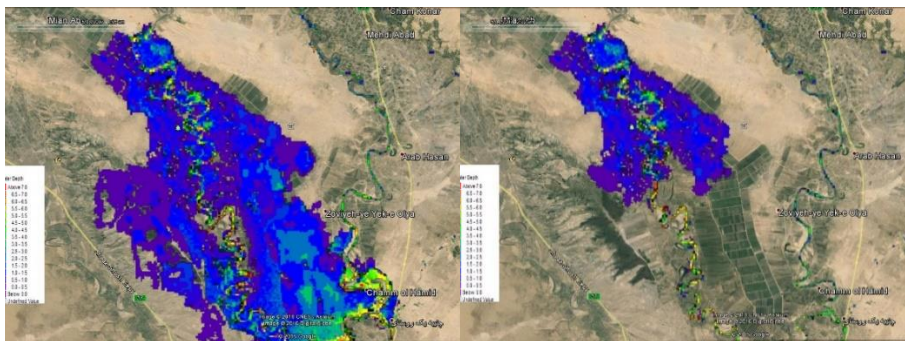
شکل ۳ - پهنه‌بندی سیلاب رودخانه دز به ازای دبی ۱۵۰۰ مترمکعب بر ثانیه در حرمله



الف: زمان تداوم ۵ روز

ب: زمان تداوم ۲ روز

شکل ۴ - پهنه‌بندی سیلاب رودخانه دز به ازای دبی ۲۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه در حرمله



الف: زمان تداوم ۵ روز

ب: زمان تداوم ۲ روز

شکل ۵ - پهنه‌بندی سیلاب رودخانه دز به ازای دبی ۴۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه در حرمله

### ۳. معرفی رویکردهای مختلف جهت شبیه‌سازی سیلاب در رودخانه‌ها

جهت مدل‌سازی سیلاب مدل‌های ریاضی مختلف و متنوعی وجود دارد که هرکدام دارای ضعف‌ها و توانایی‌هایی می‌باشند. یکی از شرکت‌های معتبر دنیا که دارای مدل‌های متنوعی جهت مدل‌سازی سیلاب در شرایط مختلف می‌باشند، موسسه هیدرولیک دانمارک (DHI) می‌باشد، لذا در ادامه رویکردها و مدل‌های مختلف شرکت DHI جهت مدل‌سازی سیلاب به صورت خلاصه تشریح شده است.

#### – مدل MIKE 11

این مدل قادر به شبیه‌سازی یک‌بعدی جریان، انتقال رسوب و کیفیت آب در شرایط جریان ناپایدار در رودخانه‌ها، مصب‌ها و شبکه‌های آبیاری می‌باشد. این برنامه از روش تفاضل محدود<sup>۱</sup> برای حل یک‌بعدی معادلات حاکم بر جریان، انتقال رسوب و کیفیت آب استفاده می‌کند. مدول هیدرودینامیکی در واقع عنصر زیربنایی تمام سیستم مذکور است و پایه‌ای برای سایر زیرمدل‌های موجود در برنامه نظیر پخش و انتشار، کیفیت آب و حمل رسوبات می‌باشد.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



شرکت مدیریت منابع آب ایران





معادلات یک بعدی حاکم بر جریان رودخانه که در محاسبات مدل هیدرودینامیک MIKE 11 به کار رفته‌اند، عبارتند از معادلات پیوستگی و اندازه حرکت که به معادلات سنت و نانت معروف هستند. معادلات سنت و نانت شرایط حاکم بر جریان متغیر تدریجی غیرماندگار یک بعدی را به خوبی بیان می‌کنند [۱۲]. این معادلات به شرح زیر ارائه شده‌اند (DHI, 2014):

$$\frac{\partial Q}{\partial X} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (1) \text{ معادله پیوستگی}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial (\beta \frac{Q^2}{A})}{\partial x} + qA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (2) \text{ معادله اندازه حرکت}$$

که در آن: دبی جریان ( $m^3/s$ )،  $A$ : سطح مقطع جریان ( $m^2$ )،  $q$ : دبی جریان فرعی (دبی در واحد طول تغذیه یا برداشت،  $m^2/s$ )،  $h$ : تراز آب نسبت به یک سطح مبنا ( $m$ )،  $C$ : ضریب شزی ( $m^{1/2}/s$ )،  $\beta$ : ضریب تصحیح مومنوم مربوط به توزیع غیریکنواخت سرعت در مقطع و  $R$ : شعاع زبری یا شعاع هیدرولیکی ( $m$ ) است.

در مدل MIKE11 چهار رویکرد جهت شبیه‌سازی سیلاب وجود دارد. موسسه هیدرولیک دانمارک DHI چهار رویکرد جهت شبه سازی سیلاب با نرم افزار MIKE11 به شرح زیر ارائه کرده است:

### - - رویکرد شماره ۱- عدم مدل سازی سیلاب دشت‌ها و پخش سیلاب:

در این رویکرد تأثیر پخش سیلاب در سیلاب دشت‌ها در نظر گرفته نمی‌شود و مقاطع عرضی رودخانه بدون هیچ اطلاعات تکمیلی به مدل ریاضی معرفی می‌شوند. مدل MIKE11 با استفاده از معادلات سنت و نانت نسبت به روندیابی سیلاب اقدام می‌کند. مشکل این روش این است که در صورت تجاوز تراز آب رودخانه از لبه مقاطع مدل فرض می‌کند که در دو سمت رودخانه خاکریزهای حفاظتی به ارتفاع بی‌نهایت وجود دارد و عمق آب در رودخانه به شدت افزایش می‌یابد. در صورتی که در واقعیت در رودخانه‌های غیر کوهستانی که سیلاب دشت‌های آن‌ها دارای شیب معکوس نسبت



به رودخانه هستند جریان از لبه‌های رودخانه به سیلاب دشت‌ها وارد شده و عمق آب به نسبت قبل زیاد افزایش پیدا نمی‌کند.

**- رویکرد شماره ۲- مدل سازی سیلاب ورودی به سیلاب دشت‌های به صورت حجم ذخیره:**  
در این رویکرد بر اساس ترازهای مختلف آب در رودخانه اصلی، سطح آب گرفتگی سیلاب دشت‌ها در بین دو مقطع عرضی متوالی بر اساس نقشه‌های توپوگرافی محاسبه و این سطوح به مدل هیدرولیکی معرفی می‌گردد. درواقع در این روش با این کار حجم سیلاب ذخیره شده در سیلاب دشت‌ها بسته به رقوم سطح آب در رودخانه اصلی به نحوی به مدل شبیه‌سازی معرفی می‌گردد و مدل شبیه‌سازی در محاسبات خود حجم سیلاب ورودی به سیلاب دشت‌ها را بسته به تراز آب در رودخانه محاسبه می‌کند. در این رویکرد تنها تأثیر پخش سیلاب در سیلاب دشت‌ها بر روی تراز سطح آب در رودخانه اصلی شبیه‌سازی می‌گردد و امکان ارائه عمق و سرعت جریان در سیلاب دشت‌ها وجود ندارد. این موضوع یکی از اشکالات اساسی این رویکرد می‌باشد.

**- رویکرد شماره ۳- مدل سازی سیلاب دشت‌ها به عنوان بخشی از مقاطع عرضی:**  
در این رویکرد رودخانه اصلی و سیلاب دشت‌های حاشیه آن به صورت یکجا با گسترش مقاطع عرضی در سیلاب دشت‌ها مدل سازی می‌گردند و جهت مدل سازی بهتر تأثیر سیلاب دشت‌ها، معمولاً زبری آن‌ها چندین برابر زبری رودخانه اصلی به مدل ریاضی معرفی می‌گردد. با توجه به اینکه در این رویکرد رودخانه اصلی و سیلاب دشت‌های اطراف آن در قالب یک مقطع عرضی مدل می‌شوند، این رویکرد قادر به ارائه سرعت جریان و تراز سطح آب در رودخانه اصلی و سیلاب دشت‌ها به صورت مجزا نیست و سرعت و تراز سطح آب محاسباتی در این روش یک سرعت و تراز سطح آب متوسط از مقطع موردنظر می‌باشند. همان‌طور که پیش‌تر اشاره گردید در رودخانه‌هایی که دارای سیلاب دشت‌های وسیع و کم ارتفاعی هستند در صورت خروج آب از رودخانه اصلی و ورود به سیلاب دشت‌ها، معمولاً بخش اعظم آب خارج شده از رودخانه در زمان اوج سیلاب به رودخانه اصلی بر نمی‌گردد و جهت بازگشت این جریان به رودخانه زمان زیادی مورد نیاز است. این بدان معناست که در صورت ورود بخش قابل توجهی از سیلاب به سیلاب دشت‌های یک ناحیه و خروج آن از رودخانه، حجم سیلاب منتقل شده از طریق رودخانه اصلی به پایین دست آن کاهش یافته و



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

در نتیجه آن رقوم سطح آب و ارتفاع سازه‌های حفاظتی سیلاب در نواحی پایین دست نیز باید کاهش یابد. این رویکرد قادر به مدل سازی این پدیده نیست.

## - رویکرد شماره ۴- مدل سازی سیلاب دشت‌ها و رودخانه اصلی به صورت مجزا و اتصال آن‌ها با یکدیگر با استفاده از مدل‌های شبه دوبعدی:

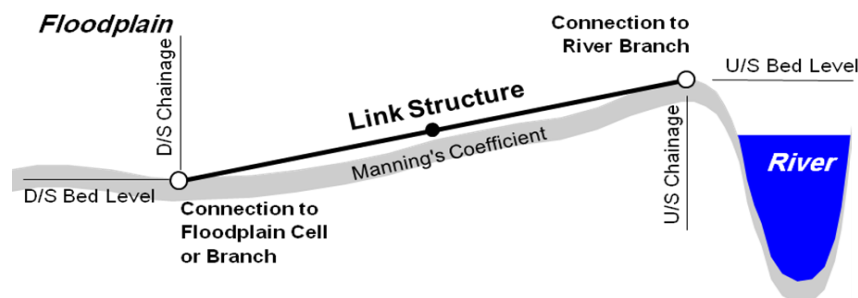
در این رویکرد سیلاب دشت‌های پیرامون رودخانه اصلی به عنوان دو رودخانه مجازی در دو طرف رودخانه اصلی به مدل MIKE11 معرفی می‌شوند و رودخانه اصلی و مجازی (که معرف سیلاب دشت است) با استفاده از کانال‌های ارتباطی به یکدیگر متصل می‌شوند. در شکل ۶ نمایش شماتیک نحوه مدل سازی شبه دوبعدی سیلاب با استفاده از کانال‌های ارتباطی نشان داده شده است. در منابع مختلف به مدل فوق اصطلاحاً MIKE 11 Link Channel گفته می‌شود. تا زمانی که تراز سطح آب در رودخانه اصلی به تراز کانال ارتباطی نرسیده باشد، دبی رودخانه مجازی صفر است؛ اما به محض رسیدن تراز آب در رودخانه اصلی به تراز کانال ارتباطی، بخشی از سیلاب وارد رودخانه مجازی می‌شود. کانال‌های ارتباطی عملکردی مشابه کالورت دارند. از آنجایی که معادلات حاکم بر رودخانه اصلی و مجازی یکسان هستند، مدل برای رودخانه اصلی و مجازی به صورت مجزا با حل معادلات پیوستگی و اندازه حرکت جریان یک بعدی غیر ماندگار (معادلات سنت و نانت)، سرعت، تراز سطح آب و سایر پارامترهای هیدرولیکی رودخانه اصلی و مجازی را محاسبه می‌کند؛ بنابراین در این رویکرد زمان رسیدن اوج سیلاب به پایین دست در رودخانه اصلی و مجازی بسته به سرعت جریان در آن‌ها متفاوت است که این موضوع تطابق بهتری با واقعیت دارد؛ چرا که در واقعیت هم سرعت جریان در رودخانه اصلی چندین برابر سرعت در سیلاب دشت است؛ بنابراین این رویکرد تقریباً تمامی اشکالات ۳ رویکرد قبلی را رفع می‌نماید. به منظور استفاده از این رویکرد، محدوده مطالعاتی به ۳ قسمت رودخانه اصلی، سیلاب دشت چپ و سیلاب دشت راست تقسیم می‌شود. به منظور معرفی رودخانه اصلی به مدل از مقاطع عرضی موجود از رودخانه استفاده می‌شود و برای معرفی سیلاب دشت‌های پیرامون با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، مقاطع عرضی برای آن‌ها تعریف می‌شوند. سپس این ۳ رودخانه به صورت مجزا به مدل معرفی می‌شوند و با استفاده از کانال‌های ارتباطی به هم متصل می‌شوند. در شکل ۷ نمونه‌ای از یک



کانال ارتباطی نمایش داده شده است. نقطه ضعف این روش در ارائه نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب می‌باشد، با توجه به اینکه در این روش رودخانه اصلی و سیلاب‌دشت‌ها با استفاده از مدل یک‌بعدی شبیه‌سازی می‌شوند، نقشه‌های پهنه‌بندی تهیه شده با این روش نسبت به مدل‌های دوبعدی و یک‌بعدی -دوبعدی از دقت کمتری برخوردار می‌باشد [۱۳ و ۱۴].



شکل ۶- نمایش شماتیک نحوه مدل‌سازی شبه دوبعدی سیلاب با استفاده از کانال‌های ارتباطی



شکل ۷- نمایش شماتیک یک کانال ارتباطی و پارامترهای طراحی آن

## مدل MIKE 21

این مدل قادر است به صورت دوبعدی در پلان، جریان، پخش و انتقال، کیفیت آب، انتقال رسوبات و امواج را در دریاها، نواحی ساحلی، اقیانوس‌ها، خورها و سیلاب‌دشت‌ها شبیه‌سازی کند. در صورتی که بخواهیم جهت شبیه‌سازی سیلاب از مدل MIKE 21 استفاده کنیم باید شبکه



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



محاسباتی را ریز کنیم تا مدل قادر باشد به خوبی کانال اصلی رودخانه را شبیه‌سازی کند. این کار تعداد گره‌های محاسباتی و زمان اجرای مدل را به نحو چشم‌گیری افزایش خواهد داد، لذا معمولاً از مدل‌های دوبعدی به تنهایی جهت شبیه‌سازی سیلاب استفاده نمی‌گردد.

### مدل MIKE Flood

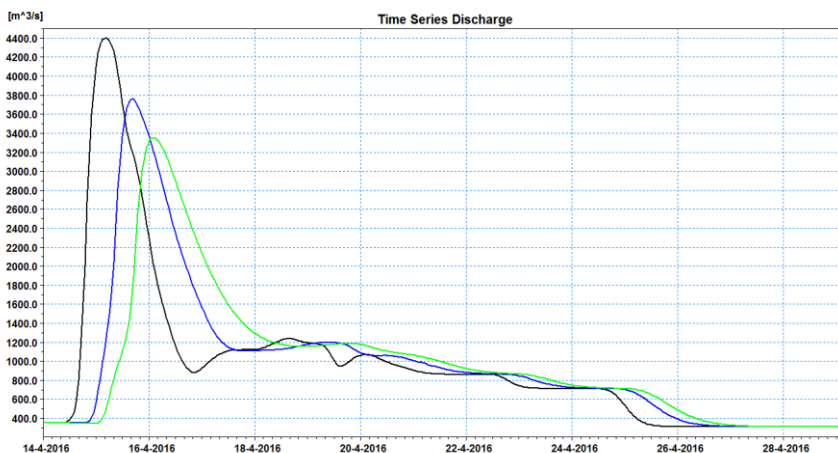
مدل MIKE FLOOD یک مدل ترکیبی است که با ارتباط دو مدل MIKE 11 و MIKE 21 قادر به شبیه‌سازی جریان‌های ترکیبی داخل رودخانه و سیلاب‌دشت‌ها به صورت کاملاً هیدرودینامیکی می‌باشد. این مدل درواقع لینک مدل یک‌بعدی MIKE 11 و مدل دوبعدی MIKE 21 است و در گروه مدل‌های یک‌بعدی-دوبعدی قرار می‌گیرد. در این مدل رودخانه اصلی به صورت یک‌بعدی با مدل MIKE 11 و سیلاب‌دشت‌ها به صورت دوبعدی با مدل MIKE 21 شبیه‌سازی می‌گردند. در این مدل ارتباط بین دو زیرمدل به لحاظ هیدرودینامیک، صرفاً به صورت چشمه‌های جریان در معادله پیوستگی هر یک از دو مدل برقرار می‌باشد. بدین ترتیب در مدل، یک سری از نقاط شبکه مدل یک‌بعدی به یک سری از نقاط شبکه در مدل دو بعدی وابسته می‌شود، در این شرایط در صورتی که تراز آب در هر یک از مدل‌ها بر دیگری غلبه نماید، ظرفیت تبادل جریان بین دو مدل ایجاد می‌شود. حال این جریان متناسب با نوع ارتباط در نظر گرفته شده به صورت یک چشمه به مدل گیرنده ارسال و به صورت چاه از مدل فرستنده کسر می‌شود. در رابطه با بررسی چگونگی عملکرد مدل MIKE FLOOD می‌توان گفت به لحاظ محاسباتی باتوجه به استفاده مستقیم از مدل دوبعدی MIKE 21 و مدل یک‌بعدی MIKE 11 این مدل کلیه قابلیت‌های محاسباتی حاکم بر هر دوی این مدل‌ها را دارا می‌باشد [۱۵].

### ۴. انتخاب مدل مناسب جهت شبیه‌سازی رودخانه‌های دارای پخش سیلاب

همان‌طور که پیش‌تر گردید رودخانه‌های استان خوزستان خصوصاً رودخانه دز دارای سیلاب‌دشت‌های وسیع و دارای شیب منفی نسبت به لبه رودخانه هستند و در صورتی که در شبیه‌سازی‌های هیدرولیکی، این سیلاب‌دشت‌ها به خوبی مدل‌سازی نشوند جواب مدل‌های ریاضی با واقعیت بسیار متفاوت خواهد بود. به عنوان نمونه یک مدل ریاضی یک‌بعدی از رودخانه دز با استفاده از مقاطع غیر عریض (رویکرد شماره ۱) و بدون در نظر گرفتن سیلاب‌دشت‌ها تهیه



گردید و برای شرط مرزی بالادست مدل از اطلاعات هیدروگراف سیلاب خروجی از سد دز در فرودین ۱۳۹۵ به عنوان شرط مرزی بالادست رودخانه استفاده گردید. در شکل ۸ هیدروگراف سیلاب سال ۱۳۹۵ حاصل از مدل ریاضی یک بعدی در محل ایستگاه حرمله، بامدژ و انتهای رودخانه دز بدون مدل کردن پخش سیلاب نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۸ ملاحظه می‌گردد در صورت عدم مدل‌سازی پخش سیلاب در رودخانه دز، سیلاب پس از دو روز با دبی پیک ۳۲۰۰ مترمکعب بر ثانیه به ایستگاه هیدرومتری بامدژ می‌رسد. این در حالی است که تا صبح روز چهارشنبه ۹۵/۲/۱ بر اساس هیدروگراف سیلاب خروجی از سد دز حجمی معادل ۸۴۲ میلیون مترمکعب آب از سد دز رها شده است و از این حجم تنها ۴۳۲ میلیون مترمکعب آن از طریق رودخانه اصلی دز از ایستگاه حرمله با دبی پیک حدود ۹۵۰ مترمکعب بر ثانیه عبور کرده است. این نشان می‌دهد که سیلاب دشت‌های رودخانه دز در محدود ایستگاه حرمله تا بامدژ حداقل می‌توانند حجمی معادل ۴۱۰ میلیون مترمکعب آب را در خود ذخیره کنند و در صورت استفاده از مدل یک بعدی معمولی نمی‌تواند به خوبی پخش و روندیابی سیلاب در رودخانه دز را شبیه‌سازی کند.



شکل ۸ - هیدروگراف سیلاب سال ۱۳۹۵ با استفاده از مقاطع غیر عریض رودخانه دز و بدون مدل کردن پخش سیلاب به صورت یک بعدی با استفاده از مدل MIKE11 در محل ایستگاه هیدرومتری حرمله (نمودار مشکی)، بامدژ (نمودار آبی) و انتهای رودخانه دز (نمودار سبز)



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران





لذا جهت مدل‌سازی رودخانه‌های استان خوزستان خصوصاً رودخانه کارون و دز باید از مدل‌هایی استفاده شود که قابلیت شبیه‌سازی پخش سیلاب را داشته باشند. دقیق‌ترین مدل جهت شبیه‌سازی پخش سیلاب به ترتیب مدل‌های دوبعدی، مدل‌های یک‌بعدی - دوبعدی و مدل شبه دوبعدی می‌باشند؛ اما استفاده از مدل‌های دوبعدی مانند MIKE 21 یا یک‌بعدی - دوبعدی برای رودخانه‌های کارون و دز که دارای سیلاب‌دشت‌های وسیع می‌باشند، نیازمند استفاده از کامپیوترهای قوی می‌باشد. در صورت استفاده از کامپیوترهای قوی زمان اجرای مدل‌های دوبعدی یا یک‌بعدی - دوبعدی در حدود چند ساعت خواهد بود. لذا در مواقع بحرانی که نیازمند به تصمیم‌گیری‌های سریع می‌باشد، از مدل‌های دوبعدی یا یک‌بعدی - دوبعدی نمی‌توان استفاده کرد و باید از یک مدل شبیه‌سازی که هم دارای دقت مناسبی باشد و هم دارای زمان اجرای کمتری باشد، جهت شبیه‌سازی هیدرولیکی مسئله استفاده کرد. لازم به ذکر است که مدل‌های یک‌بعدی و شبه دوبعدی با دقت مدل‌های دوبعدی توانایی تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب را ندارند. لذا بهتر است جهت نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب از مدل‌های دوبعدی یا یک‌بعدی - دوبعدی استفاده شود.

## ۵. بررسی سیلاب سال ۱۳۹۵ رودخانه دز با استفاده از مدل‌های ریاضی مختلف

مدل‌های ریاضی شبه دوبعدی و یک‌بعدی - دوبعدی رودخانه‌های کارون و دز در سال ۱۳۹۳ تهیه شده‌اند [۱۶ و ۱۷]. با توجه به اینکه در زمان تهیه مدل‌های فوق آخرین سیلاب بزرگ رودخانه‌های کارون و دز سیلاب سال ۱۳۸۴ بود. مدل‌های تهیه شده با استفاده از سیلاب سال ۱۳۸۴ کالیبره شده‌اند. لذا در زمان وقوع سیلاب فرودین ۱۳۹۵ مدل‌های ریاضی شبه دوبعدی و یک‌بعدی - دوبعدی رودخانه‌های کارون و دز در دسترس محققین بود و از اطلاعات هیدروگراف سیلاب خروجی از سد دز در فرودین ۱۳۹۵ به عنوان شرط مرزی بالادست رودخانه دز و از اطلاعات دبی رها شده از نیروگاه سد گتوند در همان تاریخ برای شاخه کارون استفاده گردید. با توجه به اینکه مدل یک‌بعدی - دوبعدی و شبه دوبعدی اولیه رودخانه دز توسط این محققین پیش‌تر تهیه شده بود، در همان ساعت‌های اولیه رهاسازی سیلاب از سد دز با استفاده از مدل‌های فوق وضعیت سیلاب رها شده در رودخانه دز شبیه‌سازی گردید.





در شکل ۹، نتایج شبیه‌سازی سیلاب سال ۱۳۹۵ با استفاده از مدل شبه دوبعدی Mike 11 Link Channel در محل ایستگاه هیدروتری حرمله، بامدژ و انتهای رودخانه دز نمایش داده شده است. با توجه به شکل ۹، بر اساس مدل‌های هیدرولیکی شبه دوبعدی رودخانه‌های کارون و دز سیلاب خروجی از سد دز پس از دو ساعت بدون هیچ تغییری به شهر دز فول خواهد رسید؛ اما در طول رودخانه دز به شدت از شدت و پیک سیلاب کاسته خواهد شد. سیلاب پس از حدود ۱۵ ساعت به چند کیلومتری بالادست ایستگاه حرمله می‌رسد. ولی پیک سیلاب در این نقطه حدود ۲۵۰۰ مترمکعب بر ثانیه خواهد بود و این پیک حدود ۳۶ ساعت پس از شروع سیلاب به این نقطه خواهد رسید.

دبی سیلاب پس از حدود ۲۴ ساعت به محدوده ایستگاه بامدژ می‌رسد (ایستگاه بامدژ در فاصله حدود ۳۵ کیلومتری از انتهای رودخانه دز واقع است) ولی به دلیل پخش سیلاب وسیعی که در بالادست ایستگاه بامدژ اتفاق افتاده است از شدت سیلاب به شدت کاسته خواهد شد و پیک سیلاب پس از ۷۲ ساعت با شدت ۱۱۰۰ مترمکعب بر ثانیه به این نقطه خواهد رسید.

برابر نتایج مدل‌های ریاضی بحرانی‌ترین محدوده حدفاصل ایستگاه‌های حرمله تا بامدژ می‌باشد و مشکل آب‌گرفتگی در این نواحی از ظهر جمعه به تدریج شروع خواهد شد و تا روز دوشنبه ادامه خواهد داشت.

سیلاب فوق پس از ۳۴ ساعت یعنی عصر جمعه به شهر ملاتانی خواهد رسید و در شهر ملاتانی دبی رودخانه کارون به تدریج افزایش خواهد یافت و پس از چهار روز (۹۶ ساعت) از شروع رهاسازی سیلاب یعنی صبح دوشنبه به حداکثر مقدار خود یعنی عدد ۱۳۸۰ مترمکعب بر ثانیه خواهد رسید و این دبی تقریباً تا روز چهارشنبه تداوم خواهد داشت و از روز چهارشنبه به تدریج از دبی رودخانه کاسته خواهد شد. علت اضافه شدن پیک سیلاب در شهر ملاتانی نسبت به ایستگاه بامدژ، اضافه شدن سیلاب ناشی از بارندگی در حوضه‌های میانی پایین دست سد گتوند مانند رودخانه شور دشت بزرگ می‌باشد. عدد فوق تقریباً خطری برای شهر ملاتانی ایجاد نخواهد کرد ولی روستاهای حاشیه شهر ملاتانی دچار مشکل خواهند شد؛ اما در شهر اهواز سیلاب رودخانه دز و حوضه‌های میانی رودخانه کارون حدوداً پس از ۴۸ ساعت از شروع بازشدگی دریاچه‌های سد یعنی صبح شنبه به شهر اهواز خواهند رسید و به تدریج دبی اهواز شروع به افزایش خواهد کرد. پس از چهار و نیم روز (۱۱۰



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی

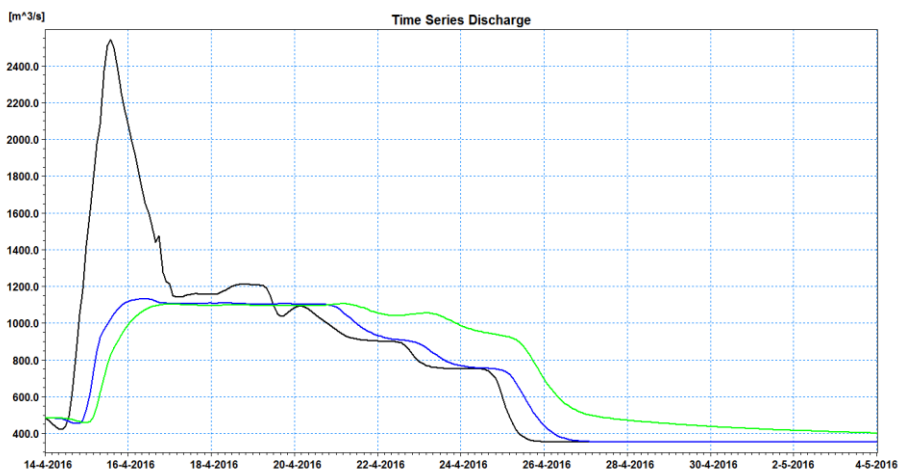


شرکت مدیریت منابع آب ایران



ساعت) از شروع رهاسازی آب از سد دز، دبی رودخانه کارون در مقطع شهر اهواز به اوج خود با مقدار ۱۴۰۰ مترمکعب بر ثانیه خواهد رسید.

در شکل ۱۰ هیدروگراف سیلاب سال ۱۳۹۵ در ایستگاه اهواز با سیل مشاهداتی، با استفاده از مدل پخش سیلاب مقایسه شده‌اند. همان‌طور که در شکل ۹ ملاحظه می‌گردد مدل موجود شبیه دوبعدی رودخانه کارون و دز به خوبی و با دقت مناسبی توانسته است هیدروگراف سیلاب سال ۱۳۹۵ را در مقطع شهر اهواز شبیه‌سازی کند. این موضوع به دلیل لحاظ کردن اثر سیلاب دشت‌ها و پخش سیلاب در مدل می‌باشد.



شکل ۹- هیدروگراف سیلاب سال ۱۳۹۵ با استفاده از مدل شبه دوبعدی MIKE11 Link Channel در محل ایستگاه هیدروتتری حرمله (نمودار مشکی)، بامدثر (نمودار آبی) و انتهای رودخانه دز (نمودار سبز)

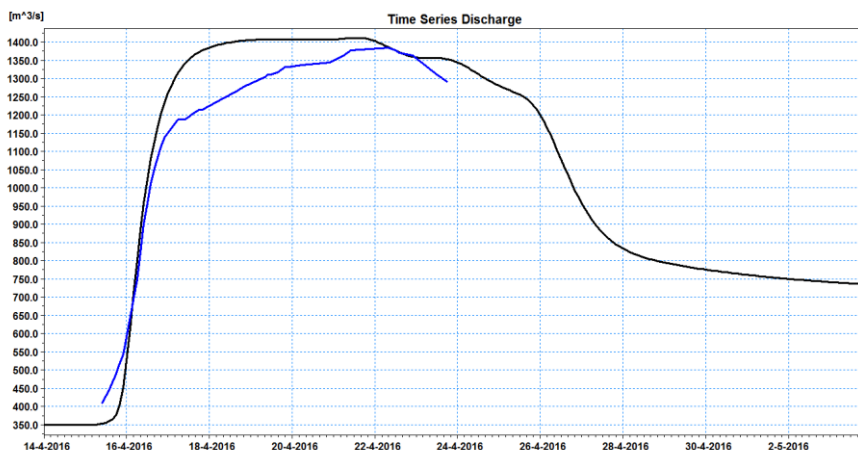


با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



شکل ۱۰ - مقایسه هیدروگراف سیلاب سال ۱۳۹۵ در ایستگاه اهواز با سیل مشاهداتی با استفاده از مدل شبه دوبعدی MIKE 11 link Channel (نمودار آبی: داده‌های مشاهداتی، نمودار مشکی: مدل سازی شده)

در اشکال ۱۱ و ۱۲ نقشه پهنه‌بندی سیلاب تهیه شده توسط مدل MIKE Flood از سیلاب سال ۱۳۹۵ با تصاویر ماهواره‌ای مقایسه شده‌اند. همان‌طور که در اشکال فوق ملاحظه می‌گردد پهنه‌های تهیه شده توسط این محققین مطابقت خوبی با تصاویر ماهواره‌ای سیلاب سال ۱۳۹۵ دارد؛ اما چرا سیلاب خروجی از سد دز با پیک حدود ۴۸۵۰ مترمکعب بر ثانیه وقتی به ایستگاه بامدژ که تقریباً در انتهای رودخانه دز قرار دارد می‌رسد دارای پیک ۹۵۰ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد و شکل هیدروگراف نیز به شدت تغییر کرده است. سیلاب دشت چپ نسبت به سیلاب دشت راست در محدود حرمله دارای تراز کمتری می‌باشد لذا جریان سیلابی ابتدا وارد سیلاب دشت چپ یعنی منطقه شعبیه می‌شود و پس از حدود پنج روز از وارد شدن به سیلاب دشت (یعنی حدود ۶ روز پس از رها کردن سیلاب از سد دز) از کنار جاده نیشکر امام خمینی به رودخانه دز برمی‌گردد.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

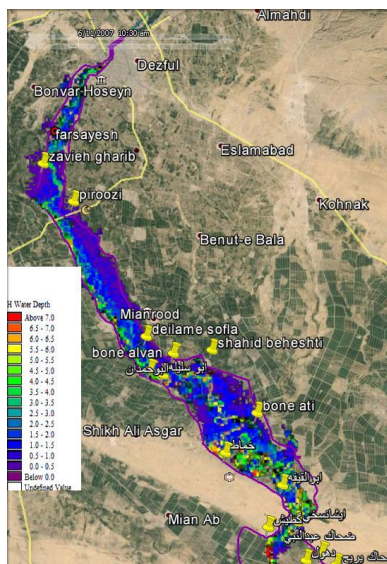
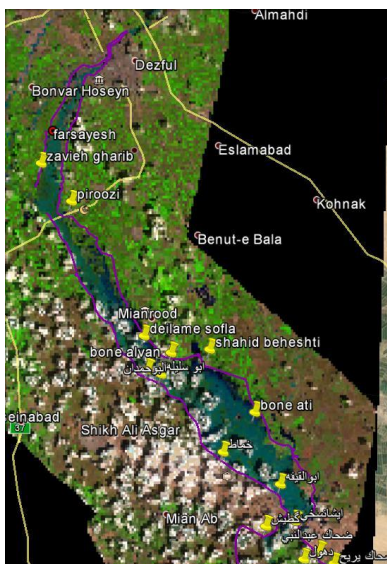


پژوهشگاه سوانح طبیعی

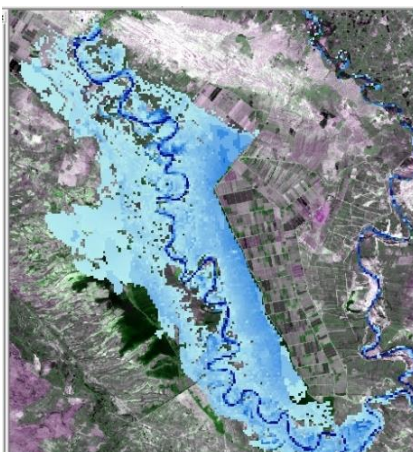


شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
info@ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir



شکل ۱۱ - مقایسه پهنه تهیه شده با مدل MIKE Flood با تصویر ماهواره‌ای یک روز بعد از سیل (سمت چپ تصویر ماهواره‌ای، سمت راست نتایج مدل پهنه‌بندی سیلاب)



شکل ۱۲ - مقایسه پهنه تهیه شده با مدل MIKE Flood با تصویر ماهواره‌ای یک روز بعد از سیل (سمت چپ تصویر ماهواره‌ای، سمت راست نتایج مدل پهنه‌بندی سیلاب)



به همین دلیل جریانی که وارد سیلاب دشت چپ می‌شود به مراتب از سیلاب دشت راست بیشتر است. به عنوان مثال اگر دبی در بالاست ایستگاه حرمله (دقیقاً بعد از تپه‌های چغازنبیل) برابر ۴۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه باشد ابتدا حدود ۲۰۰۰ مترمکعب آن وارد سیلاب دشت چپ می‌شود و حدود ۲۰۰۰ مترمکعب در رودخانه دز باقی می‌ماند. پس از طی چند کیلومتر وضعیت رودخانه برعکس می‌شود و این بار تراز ساحل راست رودخانه نسبت به ساحل چپ کاهش می‌یابد و حدود ۱۰۰۰ مترمکعب وارد سیلاب دشت سمت راست می‌شود. پس از پر شدن سیلاب دشت ساحل چپ آب در بالادست بند قیر و از کنار جاده نیشکر امام خمینی وارد رودخانه دز می‌شود ولی دبی برگشت بسیار کمتر از دبی وارد شده به سیلاب دشت می‌باشد. این بدان معنی است که سیلاب دشت شعبیه مانند مخزن به حجم بیش از ۲۰۰ میلیون مکعب عمل می‌کند پس از پر شدن مخزن دبی خروجی از آن برابر ورودی نیست. بلکه دبی خروجی از آن تابع دبی اشل محل اتصال می‌باشد. پس از پر شدن مخزن فوق اگر مثلاً دبی ۳۰۰۰ مترمکعب وارد منطقه شعبیه شود بلافاصله ۳۰۰۰ مترمکعب از پایین دست وارد رودخانه دز نمی‌شود. بلکه این ۳۰۰۰ مترمکعب در مخزن شعبیه ذخیره شده و تراز مخزن را افزایش می‌دهد این افزایش تراز سبب افزایش دبی بازگشت از سیلاب دشت به رودخانه می‌گردد البته نه به میزان ۳۰۰۰ مترمکعب بلکه به مقداری که دبی اشل محل اتصال سیلاب دشت به رودخانه اجازه می‌دهد. برابر محاسبات انجام شده در سیلاب سال ۱۳۹۵ جریان ورودی به سیلاب دشت ساحل چپ حداکثر با دبی ۳۵۰ مترمکعب بر ثانیه به رودخانه دز بر می‌گردد. این موضوع در نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب تهیه شده و تصاویر ماهواره‌ای سیلاب سال ۱۳۹۵ به خوبی نمایش داده شده است.

## ۶. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این مقاله با استفاده از سه مدل هیدرولیکی یک بعدی، شبه دو بعدی و یک بعدی-دو بعدی وضعیت سیلاب رودخانه‌های کارون و دز با مطالعه موردی سیلاب فرودین ۱۳۹۵ بررسی شده است. بررسی‌های انجام شده با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، مدل‌های ریاضی و مشاهدات میدانی سیلاب فرودین ۱۳۹۵ نشان داد که پدیده گسترش سیلاب در اکثر رودخانه‌های استان خوزستان خصوصاً رودخانه‌های کارون و دز رفتار یک بعدی ندارد. در این مناطق به دلیل وجود



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران





دشت‌هایی وسیع و کم ارتفاع در حاشیه رودخانه و وجود اختلاف ارتفاع بین لبه رودخانه و سیلاب دشت‌های اطراف آن، در صورت خارج شدن جریان سیلابی از رودخانه و ورود سیلاب به دشت‌های حاشیه، دو نوع جریان با عمق و سرعت‌های مختلف یکی در رودخانه اصلی و دیگری در سیلاب دشت‌های اطراف آن تشکیل می‌گردد و به دلیل شیب بسیار کم سیلاب دشت‌ها امکان برگشت جریان ورودی به آن‌ها، بلافاصله به رودخانه نیز بسیار ناچیز می‌باشد. لذا در صورتی که جهت مدل‌سازی هیدرولیکی این رودخانه‌ها از مدل‌های یک‌بعدی بدون در نظر گرفتن اثر سیلاب دشت‌ها استفاده شود نتایج مدل ریاضی با واقعیت مطابقت نداشته و براساس نتایج این مدل نمی‌توان تصمیمات صحیحی را جهت مدیریت سیلاب اتخاذ کرد. دقیق‌ترین مدل جهت شبیه‌سازی رودخانه‌های دارای سیلاب دشت‌های دارای شیب منفی مدل‌های دوبعدی یا یک‌بعدی-دوبعدی می‌باشد ولی زمان اجرای این مدل‌ها بسیار زیاد بوده و در مواقع بحرانی که نیاز به تصمیم‌گیری سریع می‌باشد، از این مدل‌ها نمی‌توان به صورت عملی استفاده کرد. لذا سریع‌ترین و بهترین مدل جهت بررسی شرایط سیلابی رودخانه‌های با وضعیت مشابه رودخانه دز، مدل‌های شبه دوبعدی می‌باشد. در این مدل‌ها اثر پخش سیلاب به خوبی شبیه‌سازی می‌گردد و این مدل‌ها در زمان بسیار کوتاهی در حد حداکثر چند دقیقه اجرا می‌شوند. لذا در تحقیق حاضر با استفاده از مدل‌های یک‌بعدی، شبه دوبعدی و یک‌بعدی-دوبعدی کالیبره شده براساس سیلاب سال ۱۳۸۴، سیلاب رخ داده در فرودین ۱۳۹۵ در رودخانه دز بررسی شده است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که جواب‌های مدل یک‌بعدی تطابق چندانی با تصاویر ماهواره‌ای و سیلاب اندازه‌گیری شده در رودخانه‌های کارون و دز ندارد؛ اما مدل‌های شبه دوبعدی و یک‌بعدی-دوبعدی به خوبی توانسته‌اند رفتار سیلاب فرودین سال ۱۳۹۵ را پیش‌بینی کنند و جواب‌های این مدل‌ها مطابقت بسیار خوبی با تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های ثبت شده برای این سیل از رودخانه دز دارند. لذا در صورتی که برای رودخانه‌های مختلف دارای پخش سیلاب مدل‌های هیدرولیکی مناسبی تهیه شود، این مدل‌ها می‌توانند در آینده و در صورت وقوع سیلاب در رودخانه‌های مختلف به عنوان یک ابزار مناسب جهت مدیریت سیلاب استفاده شوند.



## ۷. مراجع

۱. علیرضا مسلمی. (۱۳۷۵)، "آشنایی با بلاهای طبیعی و شرایط غیرمترقبه و اقدامات امدادی"، انتشارات معاونت ترویج و مشارکت مردمی وزارت جهاد سازندگی سابق.
2. Hardy, R. J., Bates, P. D. and M. G. Anderson. 1999. The importance of spatial resolution in hydraulic models for floodplain environments. *Journal of Hydrology*, 216: 124–136.
3. Moussa, R. and Cl. Bocquillon. 2009. On the use of the diffusive wave for modelling extreme flood events with overbank flow in the floodplain. *Journal of Hydrology*, 374: 116–135.
4. Rungø, M. and K. W. Olsen. 2003. Combined 1 – and 2 – dimensional flood modeling. *Proceeding 4th Iranian Hydraulic Conference*, Shiraz, Iran.
5. Villazón, M. F., Timbe, L. and P. Willems. 2013. Comparative analysis of 1 –D river flow models applied in a quasi 2 –D approach for floodplain inundation prediction. *MASKANA*, 4(1): 107–126.
6. Wright, N. G., Villanueva, I., Bates, P. D., Mason, D. C., Wilson, M. D., Pender, G. and S. Neelz. 2008. Case study of the use of remotely sensed data for modeling flood inundation on the river Severn, U.K. *Journal of Hydraulic Engineering*, 134(5): 533–540.
7. Tuteja, N. K. and M. Shaikh. 2009. Hydraulic modelling of the spatio-temporal flood inundation patterns of the Koondrook Perricoota Forest. 18 th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia.
۸. قلی‌نژاد، جواد و علی‌ظهیری. (۱۳۹۱)، "بررسی کارایی مدل‌های یک‌بعدی و شبه دو‌بعدی در تعیین دبی جریان رودخانه‌های سیلابی"، نهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۹. موسوی، سیده مریم،، کاشفی‌پور، محمود و مهدی قمشی. (۱۳۹۵) "بررسی کارایی روش‌های شبیه‌سازی یک‌بعدی، شبه دو‌بعدی و یک‌بعدی-دو‌بعدی سیلاب برای رودخانه‌های جاری در دشت‌های سیلابی (مطالعه موردی: رودخانه دز)"، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۱۰. فیاضی، محمد و علی‌باقری. (۱۳۸۸)، "مطالعه پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل‌های ریاضی یک‌بعدی و دو‌بعدی (MIKE 11 & MIKE FLOOD)"، هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز.
11. Willems, P., Vaes, G., Popa, D., Timbe, L. and J. Berlamont, (2002). Quasi 2D river flood modelling, In: *River Flow*. 2002, D. Bousmar and Y. Zech (ed.), Swets & Zeitlinger, Lisse. 2: 1253–1259.
12. DHI Water & Environment, (2007). MIKE 11 A Modeling System for Rivers and Channels, Short Introduction Tutorial.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



شرکت مدیریت منابع آب ایران





وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

13. DHI Water & Environment, (2007). MIKE 11 A Modeling System for Rivers and Channels, Reference Manual.

14. DHI Water & Environment, (2007). MIKE 11 A Modeling System for Rivers and Channels, User Manual.

15. DHI Water & Environment, (2007). MIKE FLOOD 1D-2D Modeling, User Manual.

۱۶. موسوی، سیده مریم، کاشفی پور، محمود و مهدی قمشی. (۱۳۹۳)، "مقایسه روش‌های کوپل و یک‌بعدی مدل‌سازی سیلاب در رودخانه‌های جاری در دشت‌ها با استفاده از نرم‌افزار MIKE"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی رودخانه، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۱۷. زرگر، مرتضی و حسین محمد ولی سامانی. (۱۳۹۴)، "مدل شبیه‌سازی - بهینه‌سازی مدیریت یکپارچه ریسک سیلاب در سیستم زنجیره‌ای از مخازن سری و موازی"، پایان‌نامه دکتری، دانشکده مهندسی، دانشگاه شهید چمران اهواز.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01260113

## اولویت‌بندی استراتژی‌های مدیریت سیلاب با رویکرد مدیریت پیش از بحران

علی کیانی<sup>۱</sup>، احمد طاهر شمسی<sup>۲</sup>، بهروز بهنام<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه امیرکبیر.

۲- دانشیار دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه امیرکبیر.

۳- استادیار دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه امیرکبیر.

### چکیده:

در دهه‌های اخیر انتخاب اقدامات مدیریتی بحران سیل در یک منطقه تبدیل به یک چالش میان برنامه‌ریزان حوضه آبریز شده است که در آن دیگر معیار حجم سیل برای راه‌حل‌های انتخابی کفایت نمی‌کند؛ بنابراین نیاز به طرح مجموعه‌ای از معیارهای جامع فراتر از مشخصات رواناب و طغیان وجود دارد که توسط آن‌ها ارزیابی پایداری طرح‌های تعدیل سیل امکان‌پذیر خواهد بود. این مقاله یک روش به منظور بررسی استراتژی‌های مدیریت پیش از بحران سیلاب بر اساس مفهوم انعطاف‌پذیری در معیارهای توسعه پایدار (SDC) با استفاده از یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) جبرانی، DEFINITE، به منظور کاهش خسارت سیل پیشنهاد می‌کند. با توجه به شرایط زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی منطقه، مجموعه‌ای از گزینه‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای برای مدیریت پیش از بحران سیل در بازه مورد مطالعه از رودخانه دوغ در حوضه مادرسو واقع در شمال شرقی ایران پیشنهاد شده است. آنالیز حساسیت به منظور بررسی اثر عدم قطعیت در رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده شده است. روش پیشنهادی یک ابزار مؤثر برای مدیران در اتخاذ تصمیمات با انعطاف‌پذیری و پایداری بیشتر در سطح حوضه آبریز فراهم می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که مدل جبرانی MCDM برای ترکیب معیارهای فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در رتبه‌بندی استراتژی‌های مدیریت سیل مناسب است. علاوه بر این، رتبه‌بندی استراتژی‌های به تغییر در وزن معیار حساس است و بهترین گزینه تغییر می‌کند.

**کلمات کلیدی:** مدیریت بحران سیل، پایداری، انعطاف‌پذیری، MCDM، مدل جبرانی.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



## ۱. مقدمه

سیلاب‌ها ساکنین در سیلاب‌دشت‌ها را به خطر انداخته، اثرات مخربی بر روی محیط اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی تحمیل کرده و توسعه پایدار در مناطق سیل‌خیز را تهدید می‌کنند. باید توجه داشت که کاهش بحران با در نظر گرفتن محدودیت اشغال دشت‌های سیلابی و تالاب‌ها نیز پتانسیل این مناطق را برای توسعه اجتماعی و اقتصادی محدود می‌کند (WMO & GWP, ۲۰۰۴). با این حال، افزایش جمعیت، شهرنشینی، فعالیت‌های کشاورزی و جنگل‌زدایی به معنای این است که جامعه به‌طور فزاینده‌ای در برابر اثرات نامطلوب حوادث سیلابی آسیب‌پذیر شده است (WMO, ۲۰۰۶).

تغییر الگوی مدیریت سیلاب از اقدامات سنتی دفاعی به مدیریت فعال استراتژی‌های پیش از بحران سیل در صورت کنترل بی‌ثباتی‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی در منطقه به علت مخاطرات ناشی از سیلاب، می‌تواند یک راه‌حل جامع و یکپارچه باشد و یک بنیان پایدار را برای توسعه در منطقه فراهم نماید. نیاز به این تغییر الگو در ورای مفهوم مدیریت یکپارچه سیل (IFM) الهام‌بخش است که به دنبال ادغام توسعه منابع آب و زمین در حوضه‌های رودخانه‌ای در چارچوب مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب (IWRM) است. علاوه بر این، در این رویکرد نباید منابع نسل آینده با از بین بردن خطر سیل برای نسل حاضر قربانی شود (WMO, ۲۰۰۶).

مدیریت یکپارچه سیلاب شامل تمام فعالیت‌هایی است که منطقه را قادر به مقابله با سیلاب نموده و پایداری آن را افزایش می‌دهد (دی‌براین, ۲۰۰۵). این اقدامات شامل طیف گسترده‌ای از استراتژی‌ها به منظور کاهش اثرات مخرب سیل بر جامعه، اقتصاد و محیط‌زیست بشری است. این فعالیت‌ها دربرگیرنده گزینه‌های مختلف سازه‌ای که از یک ساختار برای کنترل سیل استفاده می‌کنند و گزینه‌های مختلف غیر سازه‌ای که خسارات را بدون کنترل سیل کاهش می‌دهند، می‌باشند. پایداری نیز در اینجا به‌عنوان بهبود توسعه اجتماعی-اقتصادی بدون تنزل ارزش‌های زیست‌محیطی و با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها و پویایی در یک سیستم تفسیر می‌شود (دی‌براین, ۲۰۰۵). در این راستا، توجه به توسعه پایدار در مدیریت بحران سیل نیازمند رعایت معیارهای پایداری اقتصادی، عدالت اجتماعی، انعطاف‌پذیری، ریسک و حفظ محیط‌زیست هست که منجر به هدایت تصمیم‌گیری برای انتخاب یک مدل MCDM مناسب می‌شود.



شرکت مدیریت منابع آب ایران



به عبارت دیگر، برای ارزیابی وجود یا عدم وجود پایداری در پروژه‌های کنترل سیل، چهار معیار (عدالت و انصاف، انعطاف‌پذیری، ریسک و وفاق عمومی) پیشنهاد شده توسط سیمونوویچ باید رعایت شوند (تاکوچی و همکاران، ۱۹۹۸)؛ بنابراین، انتخاب استراتژی مطلوب مدیریت بحران سیل یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره بوده و توسعه یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره مناسب (MCDM) در آن ضروری است.

در میان مدل‌های مختلف، روش‌های اولویت‌بندی جبرانی کاربردهای فراوانی در مسائل تصمیم‌گیری و رتبه‌بندی گزینه‌ها دارند و هنگامی مورد استفاده قرار می‌گیرند که معیارها دارای مقادیر کمی باشند. در برخی تحقیقات، با وجود استفاده از معیارهای ویژه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، مدل‌های تصمیم‌گیری جبرانی مانند مدل MACBETH (اندازه‌گیری جذابیت توسط یک روش ارزیابی طبقاتی)، روش ساده وزنی و روش AHP (فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی) استفاده می‌شوند (ویلت ۱۹۹۱؛ کاستا و همکاران، ۲۰۰۴؛ بروور، ۲۰۰۴؛ کوبال، ۲۰۰۹؛ دنگ، ۲۰۱۰). در این روش‌ها ارزش پایین یک گزینه برای جلب رضایت یک معیار با ارزش بالای معیار گزینه دیگر جبران می‌شود.

اگرچه اصول نظری تصمیم‌گیری چند معیاره بیش از دو دهه مطرح شده و در کاربردهای مختلف مهندسی صنعتی استفاده می‌شوند، تعداد محدودی از آن‌ها تنها در مدیریت سیلاب اعمال شده است (مایر و همکاران، ۲۰۰۸). آن‌ها عبارت‌اند از کاربرد نرم‌افزار DEFINITE برای ارزیابی طولانی‌مدت گزینه‌های مدیریت ریسک سیلاب در هلند و ایران است (جانسن، ۲۰۰۳؛ یزدان‌دوست و بزرگی، ۲۰۰۸). در مطالعه دیگری، یک روش جبرانی، تابع افزایشی سودمندی (UTA)، برای اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها در کنترل سازه‌ای سیل استفاده شده که در آن تنها شاخص‌های فنی سیلاب به عنوان معیار استفاده شده است (خلقی، ۲۰۰۲). در این راستا، برخی از استراتژی‌های انعطاف‌پذیر مدیریت پیش از بحران سیلاب در حوضه مادرسو در این مقاله معرفی شده است و کلیه فرآیندهای کلیدی مدیریت سیلاب برای ایجاد یک جامعه انعطاف‌پذیر از طریق بهترین ترکیب اقدامات کوتاه‌مدت و بلندمدت شامل مداخلات ساختاری و غیر ساختاری با مشارکت فعال همه ذینفعان در یک اقدام قرار داده شده است. مدل DEFINITE به عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری جبرانی با توانایی تعیین اولویت‌بندی گزینه‌های مختلف بر اساس معیارهای کمی و کیفی ارزیابی



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

مدیریت سیلاب ارائه شده توسط محققان پیشین و ارزیابی عدم قطعیت بر اساس یکپارچگی معیارهای سنجش توسعه پایدار (SDC) استفاده شده است.

## ۲. روش‌شناسی

### ۲،۱ توسعه پایدار و مدیریت پیش - بحران سیل

مفهوم پایداری تغییرات اساسی را در زمینه‌های توسعه و محیط‌زیست از دهه ۱۹۸۰ به ارمغان آورده است (سیگز و همکاران، ۲۰۱۵). این پایداری مستلزم در نظر گرفتن عواقب و پیامدهای ناشی از فعالیت‌های حال حاضر بشر در یک چشم‌انداز بلندمدت است که هدف آن رسیدن به کیفیت رضایت‌بخش زندگی هم در حال و هم در آینده است (گاسپاراتوس و همکاران، ۲۰۰۸). اخیراً، یک علاقه فزاینده در تغییر جهت به سمت مدیریت پایدار و یکپارچه منابع آب به وجود آمده است. مدیریت آب در توسعه و گسترش مناطق مسکونی جدید، بدون اینکه بار اضافی بر دوش زیرساخت‌های موجود بگذارد، موظف به تأمین نیاز برای دستیابی به سطح قابل قبولی از خدمات است به‌طوری‌که حداقل اثرات را بر روی محیط‌زیست طبیعی داشته و در عین حال دارای اثرات قابل قبول اجتماعی و اقتصادی باشد و همه این مؤلفه‌ها در سیستم نیز باید برای رسیدن به پایداری با یکدیگر در تعادل باشند (ساندوال سالیز و همکاران، ۲۰۱۰). در نتیجه، یک سیستم پایدار حوضه آبریز به‌عنوان بخشی از سیستم یکپارچه مدیریت منابع آب ملی باید با دستورالعمل‌های فوق سازگار بوده و مطابقت داشته باشد.

در طول چهار دهه گذشته، مخاطرات طبیعی مانند سیلاب رودخانه‌ای و ساحلی، زلزله، رانش زمین، سونامی، طوفان‌های گرمسیری، گردباد، گردوغبار و خشک‌سالی باعث تلفات جانی و خسارت‌های مالی، تخریب زیرساخت‌های ملی و همچنین آسیب‌های زیست‌محیطی شده است که اثرات اجتماعی و اقتصادی آن‌ها همچنان گریبان‌گیر بخش‌هایی از جوامع انسانی است (مک‌بین، ۲۰۱۲)؛ بنابراین وقوع بلایای طبیعی یکی از موانع اصلی بر سر راه توسعه پایدار محسوب می‌گردد که پیشرفت و دستاوردهای اقتصادی و اجتماعی آن را بشدت به خطر می‌اندازد. از این رو برنامه‌ریزی و اجرای اقدامات مرتبط با کاهش ریسک و بهبود مدیریت بحران سوانح طبیعی



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

به‌ویژه سیل یکی از ضروریات توسعه پایدار و لازمه حفظ سرمایه‌های انسانی و اقتصادی یک کشور است.

همان‌طور که در بخش قبل ذکر شد، مدیریت بحران‌های طبیعی به تمام فعالیت‌هایی گفته می‌شود که یک منطقه را قادر به مقابله با اغتشاش و افزایش پایداری می‌سازد (بزرگی، ۲۰۰۷). در نگرش جدید، مدیریت بحران در یک حوضه آبریز شامل مجموع تمام فعالیت‌ها، برنامه‌ها و اقداماتی است که می‌تواند قبل، در طی و پس از یک فاجعه باهدف جلوگیری از بحران، کاهش اثرات آن و یا بازیابی خسارت‌های آن آغاز گردد (وازیلسکو و همکاران، ۲۰۰۸). همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، سه مرحله کلیدی عملیاتی که در خلال مدیریت بحران آغاز می‌شوند عبارت‌اند از:

- فعالیت‌های صورت گرفته برای کاهش تلفات انسانی و خسارات مالی ناشی از یک خطر بالقوه (قبل از یک فاجعه). به‌عنوان مثال انجام برنامه‌های آگاهی‌رسانی، تقویت ساختارهای ضعیف موجود، آماده‌سازی طرح‌های مدیریت بحران در سطح خانواده‌ها و جامعه و غیره. چنین اقدامات کاهش‌ی تحت این مرحله به‌عنوان فعالیت‌های کاهش آمادگی در برابر مخاطرات نامیده می‌شوند.
- طرح‌های تهیه‌شده برای حصول اطمینان مبنی بر اینکه نیازها و تدارکات قربانیان برآورده شده و درد و رنج به حداقل رسیده باشد (در طول یک فاجعه). فعالیت‌های صورت گرفته در این مرحله تحت عنوان عملیات پاسخ اضطراری نامیده می‌شود.
- طرح‌های تهیه‌شده در پاسخ به یک بحران باهدف رسیدن سریع به بهبودی و بازسازی جوامع آسیب‌دیده، بلافاصله پس از وقوع مصیبت (پس از یک بحران). این مورد به عنوان فعالیت‌های پاسخ و بازسازی نامیده می‌شود.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سواحل طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦♦♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir ♦♦♦  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۴۰۳-۹۶۱۷۰

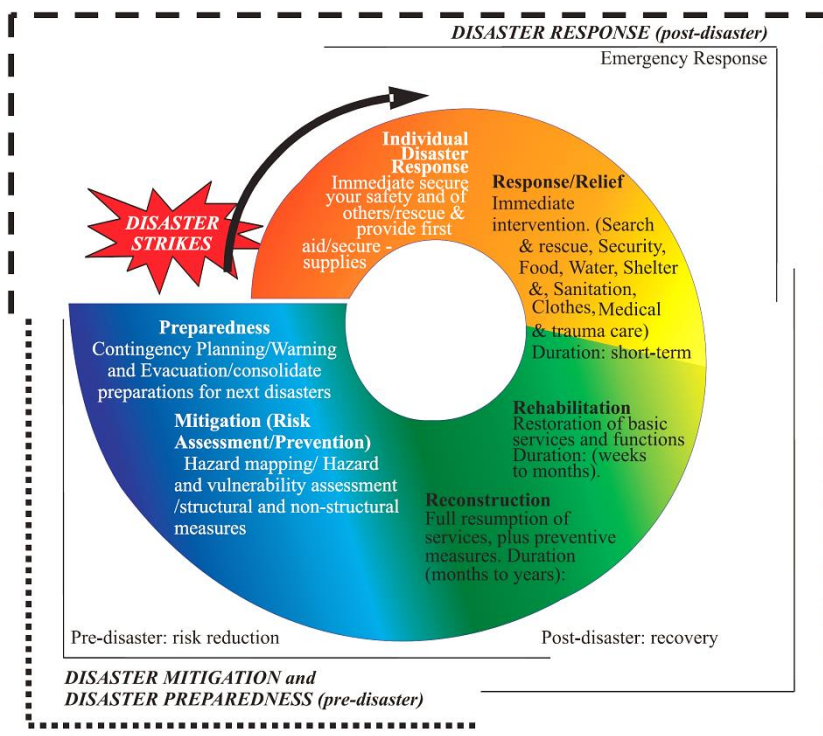


Figure 1 Disaster Management

در این زمینه، تعداد کمی از کشورهای در حال توسعه دارای برنامه جامع مدیریت بلایای طبیعی هستند و با وجود اینکه یکی از شاخص‌های مهم توسعه کشورها، نحوه رویارویی جامعه آن‌ها با انواع مختلف مخاطرات طبیعی است، کمتر به فاز آمادگی توجه نموده و بیشتر توجهات آن‌ها به فاز مقابله با بحران معطوف شده است. مدیریت پیش از بحران به آن دسته از اقدامات صورت گرفته قبل از رویداد یک بحران گفته می‌شود که به حداقل رساندن تلفات انسانی، اختلال خدمات حیاتی و خسارت‌ها را در زمان وقوع فاجعه هدف گرفته است. این فرآیند محافظتی شامل کلیه اقداماتی است که دولت‌ها، جوامع و افراد را قادر به پاسخگویی سریع به شرایط بحرانی برای مقابله مؤثر با اثرات آن‌ها می‌سازد؛ بنابراین مدیریت پیش از بحران سیل شامل تدوین برنامه‌های مداوم اضطراری، توسعه سامانه‌های هشداردهنده، اجرای استراتژی‌های مقاومتی و کنترلی، تعمیر و





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

نگهداری دارایی‌ها و آموزش کارکنان است. همچنین ممکن است اقدامات جستجو و امداد و نجات را در برگرفته و نیز برنامه‌های تخلیه برای مناطقی که ممکن است در معرض خطر تکراری وقوع بحران سیل باشند را شامل شود.

امروزه ثابت شده است که بخشی نگری در موضوع کاهش مخاطرات و مدیریت بحران می‌تواند باعث کاهش اثربخشی اقدامات و ایجاد مشکل در اجرای برنامه‌های عملیاتی شود. در حال حاضر موضوعات مختلف مرتبط با کاهش ریسک و مدیریت بحران اغلب به صورت مجزا و منفرد مورد توجه مدیران و متولیان حوضه‌های ذی ربط قرار دارد و تصویر یکپارچه‌ای از موضوعاتی که به یکدیگر مرتبط هستند، وجود ندارد. تهیه طرح‌های جامع کاهش بلایای طبیعی و مدیریت بحران در سطوح مختلف با توجه به جنبه‌های فنی و نیز شرایط فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی می‌تواند در این رابطه در دستور کار مقامات ملی تا محلی قرار گیرد تا به این ترتیب نحوه اندرکنش موضوعات مرتبط روی یکدیگر به صورت جامع و یکپارچه مورد ارزیابی قرار گیرد. در این صورت می‌توان طرح‌های اولویت‌داری که بیشترین تأثیر را در کاهش پیامدهای بحران‌های طبیعی همچون سیل دارند تعیین کرده و آن‌ها را با استفاده از منابع محدود ملی اجرائی نمود. ضمن اینکه در اولویت‌بندی این طرح‌ها لازم است به شاخص‌های ارتقای تاب‌آوری حوضه در برابر سیلاب نیز توجه کافی مبذول شود؛ بنابراین، مدیریت پیش از بحران سیل با IFM در چارچوب IWRM در ارتباط است.

### ۲.۲ شاخص‌های پایداری

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، توسعه پایدار باید معیارهای فنی، اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی را برآورده سازد (بروس، ۱۹۹۲). علاوه بر این، در رویکرد پایدار یکی از مهم‌ترین مباحث، ارتقا انعطاف‌پذیری سیستم و مهیا کردن حالت آمادگی در برابر خطرات است. سیاست افزایش انعطاف‌پذیری در سطح حوضه آبریز اهدافی همچون مدیریت و کنترل بحران‌ها را در ابعاد مختلف دنبال می‌کند که با هر چه نزدیک شدن به آن‌ها توسعه پایدار اجتماعی و اقتصادی قوت بیشتری می‌یابد. این رویکرد سعی در تسهیل روند توسعه بر مبنای آمادگی جامعه در برابر حوادث مختلف طبیعی مانند سیلاب دارد و با ایجاد ضوابطی پایداری توسعه را تسهیل می‌کند (اسپرون و مانفردی،



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران

info@ifmc.ir

www.ifmc.ir



۲۰۱۳). در این رویکرد انعطاف‌پذیری به عنوان توانایی یک سیستم برای جذب اغتشاشات و سرعت بهبودی اثرات نامطلوب آن‌ها تعریف شده است (هاشیموتو و همکاران، ۱۹۸۲). این موضوع نشان‌دهنده این است که می‌توان انعطاف‌پذیری را به عنوان نحوه بازیابی سریع یک سیستم به محض رخداد شکست در آن توصیف نمود. این مفاهیم در مقاله برای مدیریت پیش از بحران سیل با اتخاذ یک رویکرد سیستمی بکار گرفته شده است. سیستم در این حالت به عنوان مشخصات فیزیکی و اجتماعی - اقتصادی یک منطقه سیل‌خیز تعریف شده است (یزدان‌دوست و بزرگی، ۲۰۰۸). اغتشاشات نیز امواج سیلابی هستند که ممکن است عملکرد طبیعی و اجتماعی - اقتصادی جامعه و اکوسیستم را برهم بزنند.

از این رو در متن مدیریت سیلاب، مقاومت به عنوان توانایی یک سیستم برای ایستادگی در برابر اختلال بدون هرگونه واکنش تعریف شده، درحالی که انعطاف‌پذیری به عنوان توانایی سیستم برای بازیابی و بهبود راحت از واکنش در یک اغتشاش تعریف شده است (دی‌براین، ۲۰۰۵)؛ بنابراین رویکرد بکار گرفته شده در مدیریت بحران سیل برای محافظت از منافع همه نسل‌ها، باید انعطاف‌پذیر، محتمل از نظر اقتصادی، قابل قبول از نظر اجتماعی و سازگار با محیط زیست باشد (دی‌براین، ۲۰۰۵؛ تاکوچی و همکاران، ۱۹۹۸). به منظور ملموس‌تر شدن مفاهیم پایداری و انعطاف‌پذیری و کمی‌سازی آن‌ها، تعدادی از معیارها و شاخص‌های مرتبط انتخاب شده است که واکنش سیستم را نسبت به امواج سیلابی نشان می‌دهند. این معیارها از مفهوم پایداری استنتاج می‌شود. همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده، چهار جنبه اصلی پایداری به دوازده شاخص تقسیم شده است که پایداری شیوه‌های مدیریت سیلاب توسط آن ارزیابی می‌شود.



**Table 1 sustainability criteria for assessing flood pre-disaster management strategies**

| Criterion                    | Indicators                                  | Description                                                                                                          |
|------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Resiliency<br>(Technical)    | Graduality                                  | Increasing the damage by discharge growth                                                                            |
|                              | Recovery Rate                               | Ameliorating rate from the flooding state to the normal state or to a better condition                               |
| Economical                   | Expected Annual Damage (EAD)                | EAD is used to evaluate amplitude of flood                                                                           |
|                              | Dredging Costs                              | Dredging value of the transported sediments volume at the level of each sub-basin                                    |
|                              | Construction and maintenance costs          | The estimated annual costs of construction, operation and maintenance of different strategies                        |
| Ecological and Environmental | Sediment Yield                              | Protection and improvement of natural landscapes                                                                     |
|                              | Water Yield                                 | The improvement of the water resource against pollutants and sediments                                               |
| Social                       | Expected Annual Number of Casualties (EANC) | The average number of casualties which is used to assess amplitude of flood                                          |
|                              | Agricultural Production                     | Improve the cultivation and increase the volume of agricultural products                                             |
|                              | The Value of Domestic Water                 | Improving the value of household water quality due to the reduction of sediment transfer caused by different FMPs    |
|                              | The Value of Industrial Water               | Improving the value of industrial water quality due to the reduction of sediment transfer caused by various FMPs     |
|                              | The Value of Agricultural Water             | Improving the value of agricultural water quality due to the reduction of sediment transfer caused by different FMPs |



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



انعطاف‌پذیری سیستم به‌طور مستقیم با تدریج و ظرفیت بازیابی متناسب است که نشان‌دهنده عملکرد و توانایی فنی سیستم در رویارویی با سیلاب می‌باشند (دی‌براین، ۲۰۰۵). مقدار کل بار رسوبی (TSL) در محل دهانه (شاخص بار رسوبی) و مقدار حجم رواناب در خروجی هر زیر حوضه (شاخص بار آبی) به‌عنوان معیارهای زیستی در نظر گرفته شده است. توانایی اقدامات مدیریت بحران سیلاب برای کاهش تلفات انسانی و افزایش بهره‌وری مصرف آب در بخش‌های مختلف (خانگی، صنعتی و کشاورزی) ناشی از کاهش حمل رسوبات، اشاره به جنبه اجتماعی تصمیم‌گیری مدیریت بحران سیل دارند. درنهایت، میزان خسارت سالانه سیلاب، هزینه‌های ساخت و نگهداری (C&M) و هزینه‌های لایروبی برای تعیین کمی جنبه اقتصادی مدیریت سیلاب در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که در میان تمامی معیارهای فنی، اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی در نظر گرفته شده، تنها شاخص تولید محصولات کشاورزی به‌صورت کیفی برآورد می‌شود.

از مطالعات محققانی مانند دی‌براین و هاشیموتو استنتاج می‌شود که کمی‌سازی انعطاف‌پذیری نیاز به جنبه‌هایی دارد که دیدی نسبت به عکس‌العمل سیستم‌ها به سیلاب را نشان دهند. انعطاف‌پذیری یک سیستم با تدریج و نرخ بازیابی به‌طور مستقیم متناسب نشان داده شده است درحالی‌که با دامنه به‌طور معکوس متناسب شده است (دی‌براین، ۲۰۰۵). شاخص‌ها برای دامنه عکس‌العمل، میزان خسارت مورد انتظار سالانه (EAD) و تعداد تلفات مورد انتظار سالانه (EANC) می‌باشند (به معادلات ۱ و ۲ نگاه کنید). که در آن میزان خسارت مورد انتظار سالانه برحسب میلیون ریال در سال و تعداد تلفات مورد انتظار سالانه برحسب تعداد افراد در سال اندازه‌گیری می‌شود، P احتمال وقوع سیلاب است، D(P) میزان خسارت مورد انتظار به‌عنوان یک تابع احتمال (میلیون ریال) و C(P) تعداد تلفات به‌صورت تابعی احتمالاتی است.

|   |                                                 |
|---|-------------------------------------------------|
| ۱ | $EAD = \int_{1/10000}^{p(D=0)} P \cdot D(P) dp$ |
|---|-------------------------------------------------|

|   |                                                  |
|---|--------------------------------------------------|
| ۲ | $EANC = \int_{1/10000}^{p(D=0)} P \cdot C(P) dp$ |
|---|--------------------------------------------------|

تدریج با مقایسه افزایش نسبی دبی در رودخانه با افزایش نسبی مربوطه به آسیب‌پذیری اندازه‌گیری می‌شود (معادله ۳ را ببینید)؛ که در آن Q' دبی نسبی برحسب درصد، Q دبی جریان سیلابی



برحسب مترمکعب بر ثانیه،  $Q_{max}$  برابر دبی با دوره بازگشت ۱۰۰۰۰ ساله،  $Q_{min}$  بالاترین دبی با میزان خسارات صفر،  $D$  خسارت نسبی برحسب درصد،  $D$  میزان خسارت (میلیون ریال) به عنوان تابعی از دبی جریان،  $D_{max}$  خسارت مربوط به دبی حداکثر،  $D_{min}$  حداقل خسارت برابر صفر و  $n$  تعداد اولویت بندی از دبی سطح جریان است (دی براین، ۲۰۰۵).

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۳ | $Graduality = 1 - \sum_{n=1}^{n=N} \frac{ \Delta Q'_n - \Delta D'_n }{200}$ $\Delta Q'_n = Q'_n - Q'_{n-1} = \left[ \frac{100 \times (Q_n - Q_{min})}{(Q_{max} - Q_{min})} \right] - \left[ \frac{100 \times (Q_{n-1} - Q_{min})}{(Q_{max} - Q_{min})} \right]$ $\Delta D'_n = D'_n - D'_{n-1} = \left[ \frac{100 \times (D_n - D_{min})}{(D_{max} - D_{min})} \right] - \left[ \frac{100 \times (D_{n-1} - D_{min})}{(D_{max} - D_{min})} \right]$ |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

نرخ بازایی تو صیف نرخ بازگشت از وضعیتی که در آن اثرات سیلاب قابل مشاهده است، به حالت عادی هست. کمی سازی نرخ بازایی به دلیل وجود افراد، گروه‌های اجتماعی و جوامع مختلف بسیار دشوار است و به شدت به محیطی که سیلاب‌ها در آن رخ می‌دهد، ارتباط دارد. روش مورد استفاده برای کمی سازی ظرفیت بازایی بر اساس مطالعه دی براین است که از اهمیت نسبی گزینه‌ها با امتیاز ۱ تا ۱۰ استفاده می‌کند. نحوه کمی نمودن این معیار توسط سه عامل فیزیکی، اقتصادی و اجتماعی در جدول ۲ توضیح داده شده است. در این مطالعه با الهام از تحقیق دی براین، معیارهای تدریج و ظرفیت بازایی به عنوان شاخص‌های تو صیف گرواکنش سیستم به اغتشاش در نظر گرفته شده است. اگر چه این معیارهای انعطاف پذیری به عوامل فیزیکی، اجتماعی، زیست محیطی و اقتصادی وابسته هستند اما در این مطالعه تنها به ویژگی‌های فیزیکی- فنی انعطاف پذیری توجه می‌شود.

پارامترهای اقتصادی که در برنامه ریزی و اجرای پروژه‌های مدیریت سیلاب در اینجا نقش بسیار چشمگیر دارند، هزینه‌های ساخت و نگهداری استراتژی‌های و هزینه‌های لایروبی رودخانه می‌باشند؛ بنابراین، برآورد دقیق هزینه ساخت و نگهداری و هزینه لایروبی باید قبل از اجرای پروژه‌ها انجام شده باشد. در این تحقیق، هزینه‌های ساخت و نگهداری و لایروبی شیوه‌های مدیریت سیلاب در سطح حوضه آبریز بر اساس (بزرگی، ۲۰۰۷ و بحرانی، ۲۰۱۲) برآورد شده است. به منظور



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



انعکاس دقیق هزینه سالانه مربوط به لایروبی و ساخت و نگهداری، در تطبیق این مطالعات برای تغییر ارزش پولی به عنوان یک تابع از زمان توضیح رضایت بخشی لازم است. این تطبیق با استفاده از معادله زیر انجام شده است:

$$PAC = P(1+i)^n$$

که در آن PDC ارزش آینده طرح است، P هزینه در حال حاضر ساخت و نگهداری و یا لایروبی شیوه‌های مدیریت سیلاب (ریال) به طور کلی گزارش شده در این مطالعه، i نرخ بهره و n تفاوت بین سال جاری و سال که پروژه ساخته شده، است.

Table 2 The physical, economic and social factors that influence recovery

| Value                                                                             | Very low (1/2)                                                              | Low (3/4)                                                                    | Medium (5/6)                                                                                               | High (7/8)                                                                                                         | Very high (9/10)                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Physical: Flood duration                                                          | Not drying again                                                            | > than 3 months                                                              | 2 to 3 months                                                                                              | 1 to 2 months                                                                                                      | Less than 1 to 1.5 month                                                                 |
| Economic (Financial situation before flood): Income level/debts/ savings          | Nutrition status bad, debts high, not survivable on long term, no insurance | Nutrition ok, high debt, no sufficient savings, just surviving, no insurance | Life ok before flood, payable debt, insufficient savings, income affected only during floods, no insurance | Nutrition ok, savings for part of reconstruction, payable debts, income after flood, insurance or governmental aid | Sufficient savings for fast recovery, income not affected, insurance or governmental aid |
| Social Capital: Preparation to and awareness of flood risks, emergency management | People and government did not know flood threat, no warning system          | No emergency plan, no warnings, no knowledge on what to do                   | Flood threat is known, there is an emergency procedure or warning system                                   | Emergency procedure is known to local authorities, warning system, people know what to do                          | People adapted to floods, people know exactly what to do and no panic occurs             |

در این مقاله، رویکرد تصویب شد توسط دی‌براین و بزرگی برای معیارهای ارزیابی به منظور سنجش سهم هر استراتژی‌ها در برنامه اصلی مدیریت پیش از بحران سیل تعریف شده است. این معیارها از





مفهوم پایداری به دست می‌آیند و به منظور بحث تحلیل چند معیاره (MCA) استفاده می‌شوند. در چنین شرایطی، استفاده از یک مدل MCDM برای ارضای تمام معیارها اجتناب‌ناپذیر است.

### ۳. فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره

مسئله تصمیم‌گیری زمانی مطرح می‌شود که فرد یا گروه تصمیم‌گیرنده تفاوتی را بین وضعیت موجود و شرایط مطلوب تشخیص می‌دهند (لوی و همکاران، ۲۰۰۷ و شیم و همکاران، ۲۰۰۲). در این زمینه گزینه‌های مختلفی از اقدامات در دسترس هستند، اما سیاست‌گذاران در مورد انتخاب گزینه مناسب اطمینان کافی ندارند. اگرچه ممکن است فرآیند تصمیم‌گیری و اختصاص مقادیر به معیارها به عنوان یک فرایند سیاسی در نظر گرفته شود و سیاست‌گذاران وزن معیارها را مشخص کنند، اما دانشمندان می‌توانند با استفاده از شعور مهندسی مرسوم مقادیری را به معیارها اختصاص دهند و با ایجاد مجموعه‌ای از وزن‌ها و تحلیل حساسیت آن‌ها برای سیاست‌گذاران اطلاعات کافی برای تصمیم‌گیری‌های اساسی فراهم نمایند. بیشتر روش‌های مبتنی بر MCDM یک تجمع از ارزیابی‌ها یا اولویت‌های مرتبط با هر شاخص را ایجاد می‌کنند، بطوریکه یک ساختار اولویت‌دار منحصر به فرد برای کل مجموعه به دست می‌آید. به طور کلی با توجه به روش تجمیع و رابطه تصمیم‌ساز-تصمیم‌گیر، سه رویکرد اصلی جبرانی، برتری و غیر جبرانی برای اولویت‌بندی گزینه‌ها وجود دارد (شریفی و همکاران، ۲۰۰۴). روش‌های جبرانی به طور عمده هنگامی مورد استفاده قرار می‌گیرند که معیارها دارای مقیاس کمی هستند. اگر ترکیبی از معیارهای کمی و کیفی وجود داشته باشد، می‌توان از روش‌هایی مانند رژیم، جایگشت و Evamix استفاده نمود. در این روش‌ها، اولویت‌بندی گزینه‌ها تنها زمانی قطعی و معین است که امتیاز معیارها، اولویت‌ها، توابع ارزش و یا مقادیر آستانه را بتوان با اطمینان کامل اندازه‌گیری کرد و تمام روش‌های ارزیابی مختلف، عملکرد رتبه‌بندی یکسانی داشته باشند (شریفی و همکاران، ۲۰۰۴). باین حال، اکثر مسائل شامل عوامل غیرقطعی مختلف هستند و روش‌های ارزیابی شامل فرضیات متفاوت می‌باشند. به منظور رسیدن به یک نمای کلی از تأثیر عدم قطعیت‌ها در تصمیم‌گیری، تحلیل حساسیت انجام می‌شود.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران





### ۳،۱) مسئله تصمیم‌گیری

محیط به شدت پیچیده مدیریت منابع طبیعی نیازمند یک رویکرد یکپارچه است و توسعه ابزارها، روش‌ها و مهارت‌های نوینی را به منظور به کارگیری اطلاعات جدید و اعمال روش‌های نوین تفکر طلب می‌نماید (احمد و سیمونویک، ۲۰۰۶). چنین ابزارهایی تحت عنوان تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) یا سیستم‌های پشتیبان تصمیم (DSS) نام‌گذاری می‌شوند. مسائل MCDM را می‌توان به دو گروه، یعنی تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) و تصمیم‌گیری چند هدفه (MODM) طبقه‌بندی کرد (شریفی و همکاران، ۲۰۰۴). ارزیابی استراتژی‌های مدیریت پیش از بحران سیل را می‌توان به عنوان یک مسئله MADM در نظر گرفت.

تعدادی از برنامه‌های کامپیوتری برای پشتیبانی از حل مسئله MADM در دسترس می‌باشند. همه این نرم‌افزارها مجموعه‌ای از گزینه‌ها، معیارها، روش‌های استانداردسازی، روش‌های استخراج ترجیحات تصمیم‌گیرندگان و یک روش برای ترکیب تمام این اطلاعات و به نوعی اولویت‌بندی گزینه‌ها و در نهایت انجام یک تحلیل حساسیت بر روی نتایج ارزیابی را در نظر می‌گیرند. از نرم‌افزارهای موجود، در اینجا نسخه آموزشی DEFINITE برای حل مسئله MADM دنبال شده است.

نرم‌افزار DEFINITE برای تجزیه و تحلیل محدود مجموعه متناهی از گزینه‌ها توسعه یافته است. این نرم‌افزار یک جعبه ابزار جامع از روش‌های مختلف است که می‌تواند برای طیف وسیعی از مسائل مورد استفاده قرار گیرد (جانسن و همکاران، ۲۰۰۰). این برنامه شامل تعدادی از روش‌ها برای پشتیبانی از تعریف مسئله همچنین ابزارهای گرافیکی برای نمایش متغیرهای ورودی است و گزینه‌ها را با دو روش مجموع وزنی و Evamix رتبه‌بندی می‌کند که به عنوان مدل‌های تصمیم‌گیری جبرانی در نظر گرفته می‌شود. در این مدل یک رویکرد عملی برای تحلیل حساسیت توسعه یافته که در آن از تصمیم‌گیرنده برای تخمین حداکثر درصد تغییرات سؤال می‌شود، بطوریکه ارزش واقعی یک معیار ممکن است متفاوت از مقدار برآورد شده باشد. برای این منظور، یک مولد تصادفی (روش مونت کارلو) برای تولید مقادیر تصادفی استفاده می‌شود که همه امتیازات را از روی یک توزیع نرمال محاسبه می‌کند. سپس اولویت‌بندی برای هر مجموعه از امتیازات در یک جدول احتمالاتی جمع‌بندی می‌شود که نشان دهنده تعداد تکرار رتبه هر گزینه است.



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



## ۴. مطالعه موردی

حوضه آبریز مادرسو در بخش شمال شرقی ایران، بین طول جغرافیایی  $21^{\circ} 55'$  تا  $28^{\circ} 56'$  شرق و عرض جغرافیایی  $36^{\circ} 58'$  تا  $37^{\circ} 30'$  شمالی و بخشی از رودخانه دوغ به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است (شکل ۲). جمعیت این حوضه در سال ۲۰۰۵ در حدود ۹۳۱۴۱ نفر بود که از این تعداد ۴۶۸۸۲ نفر در مناطق مستعد جاری شدن سیل زندگی می‌کردند (سازمان جنگل‌ها و مراتع ایران، ۲۰۰۵). از سال ۲۰۰۱ به بعد، شرایط حوضه به دلیل تخریب گسترده جنگل‌ها و تغییر کاربری اراضی در دهه گذشته تغییر کرده است، به طوری که هر سال در ماه اوت شاهد بارندگی سنگینی بوده که باعث سیلاب گسترده همراه با انتقال رسوب فراوان در منطقه می‌شود. این مسئله منجر به کاهش شدید سطح ایمنی در منطقه و افزایش نگرانی و ترس از تکرار سیلاب‌ها شده است. این عوامل باعث پیچیدگی در مطالعات هیدرولیکی رودخانه دوغ شده و خسارات مورد انتظار را فاجعه بار کرده است.

## ۴.۱ مدل سازی بحران سیل

در این تحقیق، یک مدل مرکز ملی علوم و مهندسی محاسباتی آب (CCHE1D) برای تعیین کمیت دسته شاخص‌های فنی، اقتصادی و زیست محیطی استفاده شده است که یک مدل ریاضی جامع برای شبیه‌سازی جریان غیردائمی یک بعدی و فرآیندهای انتقال رسوب در رودخانه‌های شاخه شاخه و ماژول ترکیب کیفیت آب در آبراه‌های طبیعی می‌باشد (ویرا، ۲۰۰۶). ماژول انتقال رسوب -CCHE1D-ST- انتقال ترکیبات رسوبی را با استفاده از یک روش غیرتعدادی، پیش‌بینی بار رسوبی و تغییرات مورفولوژیکی کانال شبیه‌سازی می‌کند (وو و همکاران، ۲۰۰۴).



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



شرکت مدیریت منابع آب ایران



The Islamic Republic of Iran

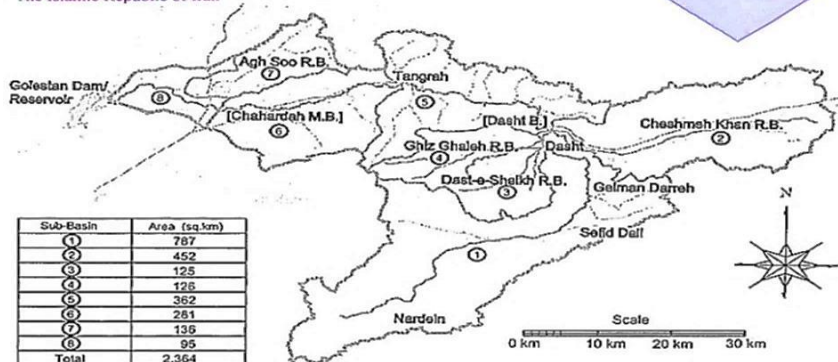


Figure 2 the map of the study area (Madarsoo basin and Dough River in Golestan Province in Iran)

پارامترهای ورودی مهم شامل هیدروگراف سیل، شیب حوضه آبریز، سری باررسوبی، لایه‌بندی‌های کانال و آبراه، هندسه و خصوصیات حوضه، ضرایب زبری مینینگ برای جریان‌ات در روی زمین و رودخانه می‌باشد. جریان‌های غیردائمی با استفاده از راه‌حل موج دینامیک معادلات سنت-وانانت در آبراه‌های فصلی، کانال‌ها و دیگر عناصر سیستم رودخانه‌ای روندیابی می‌شوند. انتقال رسوبات بر اساس یکی از گزینه‌های مختلف، از جمله تخلخل مواد بستر، طول سازگاری عدم تعادل، منحنی سنج‌ه یا غلظت ثابت شبیه‌سازی می‌شود. در این مطالعه، روندیابی جریان سیلابی با کمک اجرای مدل CCHE1D برای سناریوهای مختلف مدیریت سیلاب اعمال شده



است که معادلات جریان سنت و نانت یک بعدی را به طور کامل حل می‌کند (وو و همکاران، ۲۰۰۴). این معادلات عبارتند از:

|   |                                                                                                                                                                   |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۵ | $S_f = S_0 - \frac{\partial y}{\partial x} - \frac{v}{g} \left( \frac{\partial y}{\partial x} \right) - \frac{1}{g} \left( \frac{\partial v}{\partial t} \right)$ |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|   |                                                                                                                                       |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۶ | $v \left( \frac{\partial y}{\partial x} \right) + y \left( \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial y}{\partial t} = 0$ |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

که در آن  $y$ ،  $v$ ،  $x$ ،  $t$ ،  $g$ ،  $S_f$ ،  $S_0$  به ترتیب عمق جریان، سرعت جریان، فاصله، زمان، شتاب گرانش، شیب اصطکاک و شیب بستر رودخانه می‌باشد. حجم سیلاب، بار رسوبی، نرخ بازیابی و تدریج برای سناریوهای مختلف مدیریت سیلاب با استفاده از مدل CCHEID محاسبه می‌شود.

## ۴٫۲ استراتژی‌های مدیریت پیش از بحران سیل

با توجه به شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی منطقه مورد مطالعه، نه گزینه متفاوت سازی و غیرسازه‌ای زیر برای مدیریت پیش از بحران سیلاب ۲۰ مردادماه ۱۳۸۴ در رودخانه دوغ ارائه شده است:

گزینه ۱: شرایط طبیعی (بدون اجرای هیچ پروژه‌ای و فقط برای مقایسه کردن)،  
گزینه ۲: با استفاده از ظرفیت کنترل سیلاب توسط ساخت سد مخزنی در بالادست حوضه مورد مطالعه،

- گزینه ۳: ساخت و ساز دیوارهای محافظ از پشته خاکی و یا بتون مسلح در امتداد رودخانه،  
گزینه ۴: ساخت و ساز آب‌بندهای کوتاه (دایک) در مسیر رودخانه در بالادست منطقه مورد مطالعه،  
گزینه ۵: کاشت درختان جنگلی و ایجاد پوشش گیاهی پایدار در سطح حوضه،  
گزینه ۶: بهبود شرایط کشاورزی با استفاده از روش‌های کشت نواری،  
گزینه ۷: تغییر شیب جانبی منطقه مورد مطالعه با کمک تراس بندی،  
گزینه ۸: انتقال ساکنان از حاشیه رودخانه و تغییر کاربری اراضی منطقه،  
گزینه ۹: ایجاد و بازسازی علفزارها و چمن‌زارها و بهبود مراتع.



شرکت مدیریت منابع آب ایران



همان‌طور که مشاهده می‌شود، استراتژی‌های دوم، چهارم و هشتم یک رویکرد ساختاری و استراتژی‌های پنجم، ششم، هفتم و نهم اقدامات غیرسازه‌ای به منظور کاهش آسیب‌پذیری در مقابل انتقال رسوبات و خسارات سیل دارند. همچنین، تمام استراتژی‌ها به جز استراتژی سوم (استراتژی مقاومتی) جزو استراتژی‌های انعطاف‌پذیر برای انتقال رسوب و مدیریت سیلاب هستند. معیارهای توسعه پایدار به دو گروه کمی و کیفی تقسیم شده است. امتیازات معیارهای کمی با استفاده از روش‌های ارائه شده توسط دی‌براین (دی‌براین، ۲۰۰۵)، مجدزاده و همکاران (مجدزاده، ۲۰۱۲) و بزرگی (بزرگی، ۲۰۰۷) برآورد شده است. مقدار معیارهای دیگر بر اساس نظرسنجی از کارشناسان که با منطقه مورد مطالعه آشنا هستند، تعیین شده است. ماتریس ارزیابی یا جدول ارزیابی مسئله تصمیم‌گیری در دست در جدول ۲ با توجه به معیارهای توسعه ارائه شده است. با مراجعه به این جدول، MCA در مدل DEFINITE بر اساس معیارهای ارزیابی انجام شده است. تحلیل بر اساس روش تراکم مجموع وزنی انجام شده است. برای وزندهی به معیارها از روش مقادیر مورد انتظار استفاده شده است. در نتیجه، مدل ارائه شده استراتژی‌ها را با توجه به مقادیر کمی و کیفی معیارهای توسعه پایدار رتبه‌بندی می‌کند.

## ۴،۳ رتبه‌بندی شیوه‌های مدیریت سیلاب

در این مطالعه، اولویت‌بندی شیوه‌های مدیریت سیلاب (FMPs) از طریق ترجیحات مدیران و برنامه‌ریزان حوضه آبریز انجام شده است. سپس سناریوهای تصمیم‌گیری برای در نظر گرفتن این ترجیحات اتخاذ گردیده که در نهایت شاید اولویت‌های اهداف مدیریتی مؤثر بر تصمیم‌گیری در نظر گرفته شود. این سناریوها به چهار دسته به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

- ۱) اولویت معیارهای فنی و اقتصادی (TeEc)
- ۲) اولویت معیارهای فنی و زیست‌محیطی (TeEn)
- ۳) اولویت معیارهای فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی (TeEcEn)
- ۴) اولویت معیارهای فنی، اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی (TeEcEeSo)



Table 2 Evaluation matrix of Multi Criteria Decision Analysis (strategies and criteria)

|                                             | CB | Unit                      | Natural Conditions | Surface Reservoir Construction | Embankment and Protective Wall | Construction of Dykes | Permanent Plants and Afforestation | Strip Cropping | Terracing Platforms | Land Use Changes in Upstream | Restoration of Rangelands |
|---------------------------------------------|----|---------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------|---------------------|------------------------------|---------------------------|
| - Technical                                 |    |                           |                    |                                |                                |                       |                                    |                |                     |                              |                           |
| Recovery Rate                               | +  |                           | 6.00               | 7.30                           | 6.00                           | 6.20                  | 6.10                               | 6.20           | 6.00                | 7.30                         | 6.30                      |
| Graduality                                  | +  |                           | 0.84               | 0.82                           | 0.71                           | 0.87                  | 0.92                               | 0.89           | 0.89                | 0.82                         | 0.91                      |
| - Economical                                |    |                           |                    |                                |                                |                       |                                    |                |                     |                              |                           |
| Expected Annual Damage (EAD)                | +  | million rials/year        | 47018.93           | 8698.50                        | 14763.94                       | 19747.95              | 10438.20                           | 16785.76       | 15422.21            | 5924.36                      | 12648.10                  |
| Construction and Maintenance Costs          | +  | million rials/year        | 0.00               | 40950.00                       | 22074.97                       | 9071.48               | 9462.70                            | 13751.80       | 29728.40            | 72885.70                     | 11317.40                  |
| Dredging Costs                              | +  | million rials/year        | 22.37              | 15.53                          | 18.57                          | 19.17                 | 12.73                              | 16.12          | 16.40               | 18.03                        | 14.69                     |
| - Environmental                             |    |                           |                    |                                |                                |                       |                                    |                |                     |                              |                           |
| Sediment Yield                              | +  | ton/km <sup>2</sup> /year | 147.06             | 113.48                         | 120.06                         | 124.06                | 96.85                              | 106.85         | 107.99              | 118.86                       | 97.51                     |
| Water Yield                                 | +  | mm/year                   | 129.95             | 126.31                         | 129.19                         | 133.85                | 140.35                             | 135.14         | 134.39              | 128.79                       | 137.36                    |
| - Social                                    |    |                           |                    |                                |                                |                       |                                    |                |                     |                              |                           |
| Expected Annual Number of Casualties (EANC) | +  | person/year               | 15.40              | 3.40                           | 12.80                          | 5.80                  | 5.10                               | 6.20           | 7.00                | 2.70                         | 6.50                      |
| Agricultural Productivity                   | +  | +++                       | 0                  | ++                             | +                              | +                     | -                                  | ++             | +++                 | -                            | -                         |
| Improving the Value of Domestic Water       | +  | thousand rials/year       | 0.00               | 138.70                         | 141.10                         | 128.40                | 327.40                             | 232.00         | 221.50              | 160.70                       | 284.80                    |
| Improving the Value of Industrial Water     | +  | thousand rials/year       | 0.00               | 69.30                          | 78.80                          | 75.90                 | 179.00                             | 129.10         | 123.50              | 88.60                        | 158.60                    |
| Improving the Value of Agricultural Water   | +  | thousand rials/year       | 0.00               | 14.30                          | 14.70                          | 12.30                 | 32.30                              | 24.20          | 23.10               | 16.80                        | 29.80                     |

### ۴,۳,۱) سناریوی TeEc

در این سناریو، فرض بر این است که مدیر اهداف فنی و اقتصادی را در انتخاب استراتژی‌های مدیریت سیلاب (FMPs) برای یک منطقه ترجیح بدهد. در این زمینه، دو اولویت کلی برای رتبه‌بندی FMPs در نظر گرفته شده است. در مرحله اول، معیارهای فنی و اقتصادی اولویت یکسانی دارند (Te1Ec1) و در مرحله دوم معیارهای فنی یک برتری و مزیت نسبت به مسائل اقتصادی دارند (Te1Ec2). در جدول ۳ رتبه‌های FMPs بر اساس این دو ترجیح ثبت شده است. همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، صفوف سناریوها زمانی که تغییری در اولویت‌های اهداف رخ می‌دهد، تغییر می‌کند. به عنوان مثال، ساخت سد مخزنی سطحی رتبه ۱ در زیرسناریوی Te1Ec1 دارد، در حالی که رتبه آن تا مرتبه سوم تحت Te1Ec2 پایین می‌آید. این موضوع را می‌توان استنباط کرد از آنجایی که هزینه ساخت مخزن نسبتاً کم است و از طرفی توانایی آن برای کنترل حجم سیل بالا می‌باشد، رتبه‌بندی آن ۱ در سناریوی Te1Ec1 است. این رتبه‌بندی تا جایگاه ۳ در سناریوی Te1Ec2 پایین می‌آید که در آن معیارهای اقتصادی از اهمیت کمتر برخوردار هستند. این موضوع نشان می‌دهد که دو انتخاب دیگر وجود دارد که عملکرد بهتری دارند اما گران‌تر از ساخت مخزن سطحی می‌باشند. این دو گزینه شامل تغییر کاربری زمین در بالادست و احیای جنگل و کاشت گیاهان دائمی است. مثال دیگر تراس‌بندی است که موقعیت هفتم را در Te1Ec1 دارد، با این حال موقعیت آن تا جایگاه ششم تحت Te1Ec2 صعود می‌کند.







Table 3 FMPs rank based on Te1Ec1 and Te1Ec2 sub-scenarios

| Flood Pre-Disaster Management Strategies     | Preference scenario |        |
|----------------------------------------------|---------------------|--------|
|                                              | Te1Ec1              | Te1Ec2 |
| Changing land use in upstream                | 2                   | 1      |
| Restoration and rehabilitation of rangelands | 3                   | 4      |
| Surface reservoir construction               | 1                   | 3      |
| Embankment and concrete protective walls     | 8                   | 9      |
| Construction of dykes                        | 6                   | 7      |
| Planting permanent plants and afforestation  | 4                   | 2      |
| Strip cropping                               | 5                   | 5      |
| Terracing platforms                          | 7                   | 6      |
| Natural conditions                           | 9                   | 8      |

## ۴،۳،۲ سناریو TeEn

سناریوی TeEn فرض می‌کند که اهداف فنی و زیست‌محیطی در تصمیم‌گیری مهم هستند. سه حالت در نظر گرفته شده در این سناریو شامل؛ (۱) معیارهای فنی و زیست‌محیطی اولویت یکسانی دارند (Te1En1)، (۲) معیارهای فنی در اولویت اول و معیارهای زیست‌محیطی در اولویت دوم قرار دارند و (۳) اهداف زیست‌محیطی نسبت به فنی مهم‌تر هستند (Te2En1). نتایج در جدول ۴ ذکر شده است. همان‌طور که در این جدول نشان داده شده، شرایط طبیعی جزء آخرین انتخاب‌ها در تمام سه سناریو است و پس از آن FMPs یا دیگر سناریوهای مدیریت حوضه آبریز باید به سیستم موجود برای ارضای معیارهای فنی-زیست‌محیطی اضافه شوند. احیای جنگل و کاشت گیاهان دائمی دارای موقعیت اول در سناریوهای Te1En1 و Te1En2 و موقعیت چهارم در Te2En1 است. این موضوع نشان می‌دهد که احیای جنگل یک شیوه مدیریتی مناسب در سیلاب برای پاسخگویی به شاخص‌های فنی-زیست‌محیطی است که از دیدگاه برنامه‌ریزان حوضه آبریز در آن هزینه ساخت و تعمیر و نگهداری و مزایای اجتماعی ناچیز است. ترمیم و بهبود مراتع نیز یکی دیگر از گزینه‌های مناسب برای رسیدن به اهداف سناریوهای TeEn است، به‌ویژه هنگامی که جنبه‌های





زیست‌محیطی مدیریت سیلاب حوضه غالب هستند. این موضوع به وضوح دیده می‌شود که گزینه ساخت گوره‌های (خاکریز) خاکی به منظور بهبود کیفیت طغیان نامناسب است.

| Table 4 FMPs rank based on Te1En1 , Te1En2 and Te2En1 sub -scenarios |                     |        |        |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------|--------|--------|
| Flood Pre -Disaster Management Strategies                            | Preference scenario |        |        |
|                                                                      | Te1En1              | Te1En2 | Te2En1 |
| Changing land use in upstream                                        | 4                   | 2      | 6      |
| Restoration and rehabilitation of rangelands                         | 2                   | 1      | 2      |
| Surface reservoir construction                                       | 6                   | 3      | 7      |
| Embankment and concrete protective walls                             | 9                   | 9      | 8      |
| Construction of dykes                                                | 7                   | 7      | 5      |
| Planting permanent plants and afforestation                          | 1                   | 4      | 1      |
| Strip cropping                                                       | 3                   | 5      | 3      |
| Terracing platforms                                                  | 5                   | 6      | 4      |
| Natural conditions                                                   | 8                   | 8      | 9      |

### ۴,۳,۳ سناریوی TeEcEn

این سناریو جنبه‌های اقتصادی مدیریت سیلاب را همچنین سناریوی TeEc مطرح می‌کند. معیارها اولویت‌بندی به سه حالت تقسیم می‌شوند از جمله (۱) معیارهای فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی اولویت یکسانی (Te1Ec1En1) دارند، (۲) معیارهای فنی و زیست‌محیطی از معیارهای اقتصادی مهم‌تر می‌باشند و (۳) جنبه‌های فنی و اقتصادی یک برتری نسبت به جنبه‌های محیط‌زیستی (Te1Ec1En2) دارند. زمانی که جنبه‌های اقتصادی در نظر گرفته می‌شود، به وضوح دیده می‌شود که با در نظر گرفتن جنبه‌های اقتصادی، ساخت مخزن سطحی به رتبه‌های بالایی باز می‌گردد. زمانی که هزینه‌های تعمیر و نگهداری برای مدیران قابل توجه باشد، ساخت سد مخزنی رتبه اول را کسب می‌کند. ترمیم و بهبود مراتع گزینه بعدی است که می‌تواند به عنوان خوراک اهداف سناریوی TeEcEn استفاده شود (جدول ۵).





Table 5 FMPs rank based on Te1Ec1En1, Te1Ec2En1 and Te1Ec1En2 sub-scenarios

| Flood Pre-Disaster Management<br>Strategies     | Preference scenario |           |           |
|-------------------------------------------------|---------------------|-----------|-----------|
|                                                 | Te1Ec1En1           | Te1Ec2En1 | Te1Ec1En2 |
| Changing land use in upstream                   | 6                   | 3         | 2         |
| Restoration and rehabilitation of<br>rangelands | 2                   | 2         | 4         |
| Surface reservoir construction                  | 4                   | 1         | 1         |
| Embankment and concrete protective<br>walls     | 8                   | 9         | 8         |
| Construction of dykes                           | 7                   | 7         | 7         |
| Planting permanent plants and<br>afforestation  | 1                   | 4         | 3         |
| Strip cropping                                  | 3                   | 5         | 5         |
| Terracing platforms                             | 5                   | 6         | 6         |
| Natural conditions                              | 9                   | 8         | 9         |

#### ۴،۳،۴ سناریوی TeEcEeSo

در این سناریو، تمام معیارهای پایدار برای ارزیابی پایداری اقدامات مدیریت سیلاب در نظر گرفته شده است. همچنین سه زیر معیار برای نشان دادن ترجیحات مدیران در اولویت‌بندی معیارها برای انتخاب برنامه‌های حوضه آبریز مانند FMPs در نظر گرفته شده است. شبیه به سناریوهای قبلی، نیاز به اولویت‌بندی معیارهای معرفی شده وجود دارد. این اولویت‌بندی شامل (۱) چهار معیار پایداری رتبه‌بندی برابر دارند، (۲) معیارهای فنی، زیست‌محیطی و اجتماعی مهم‌تر از مسائل اقتصادی هستند و (۳) معیارهای فنی-اقتصادی از اهمیت بیشتری نسبت به معیارهای اجتماعی-زیست‌محیطی برخوردار هستند. همان‌طور که در جدول ۶ ذکر شده، جنگل‌کاری و احیای آن بهترین گزینه برای ارضای معیارهای پایدار است. ساخت مخازن سطحی رتبه ۲ و ۳ در Te1Ec1Ee2So2 و Te1Ec1Ee1So1 دارد که معیارهای اجتماعی فقط به معیارها اضافه شده است. در وضعیتی که منافع زیبایی در اولویت اول قرار دارد، ساخت خاکریز و دیوار محافظ در



موقعیت ۸ قرار گرفته است. ترمیم و بهبود مراتع یک گزینه مناسب برای ارضای معیارهای اجتماعی با توجه به ایجاد فضای سبز و مناظر مطلوب است. زمانی که اهداف توسعه پایدار با اولویت یکسان در نظر گرفته می‌شوند، این موضوع مشاهده می‌شود که برخی از گزینه‌ها مانند جنگل کاری، ساخت سد مخزنی، ترمیم و بهبود مراتع و تغییر کاربری زمین محتمل‌تر برای انتخاب شدن هستند. با این حال، انتخاب یک گزینه بشدت به وزن اختصاص داده شده به معیارها بستگی دارد.

| Table 6 FMPs rank based on Te1Ec1En1So1, Te1Ec2En1So1 and Te1Ec1En2So2 sub-scenarios |                     |              |              |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------|--------------|
| Flood Pre-Disaster Management Strategies                                             | Preference scenario |              |              |
|                                                                                      | Te1Ec1En1So1        | Te1Ec2En1So1 | Te1Ec1En2So2 |
| Changing land use in upstream                                                        | 4                   | 4            | 5            |
| Restoration and rehabilitation of rangelands                                         | 3                   | 3            | 2            |
| Surface reservoir construction                                                       | 2                   | 1            | 3            |
| Embankment and concrete protective walls                                             | 8                   | 9            | 8            |
| Construction of dykes                                                                | 7                   | 7            | 7            |
| Planting permanent plants and afforestation                                          | 1                   | 2            | 1            |
| Strip cropping                                                                       | 5                   | 5            | 4            |
| Terracing platforms                                                                  | 6                   | 6            | 6            |
| Natural conditions                                                                   | 9                   | 8            | 9            |

به منظور داشتن یک تصویر کلی از رتبه استراتژی‌های مدیریت سیلاب با توجه به معیارهای مختلف، تعداد دفعاتی که FMPs رتبه‌های مختلفی کسب کرده‌اند در شکل ۳ ذکر شده است. می‌توان دید که کاشت گیاهان دائمی و جنگل کاری است که پنج مرتبه در موقعیت اول گرفته است. گزینه بعدی ساخت مخزن سطحی است که برای ۳ بار در رتبه اول قرار دارد.



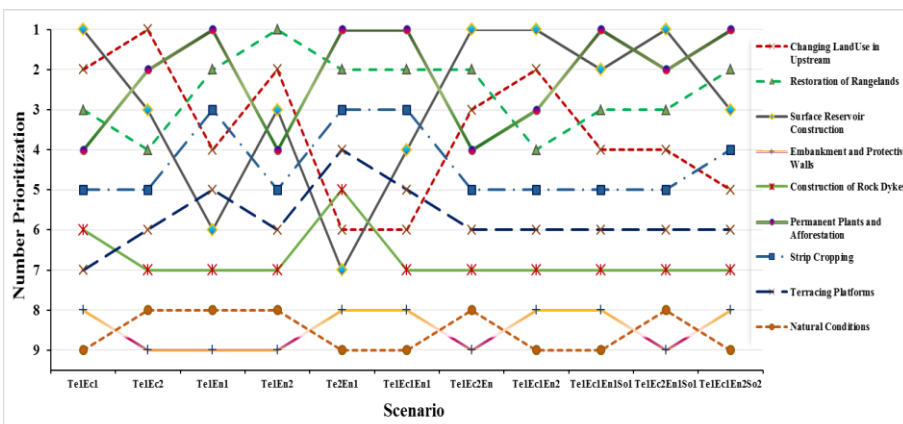


Figure 3 Prioritization of flood management strategies based on seven likely scenarios in the Madarsoo basin

## ۵. بحث و نتیجه‌گیری

بلایای طبیعی همچون سیل پدیده‌هایی مکانی پیچیده هستند و یک دید جامع برای مدیریت مناسب این بلایا نیاز است. مدیریت پیش از بحران سیل می‌تواند کمک مؤثری برای رسیدن به توسعه پایدار از طریق یافتن گزینه‌هایی برای ارضای برآورده معیارهای مختلف در جنبه‌های متفاوت باشد. از آنجا که تصمیم‌گیری یک فرآیند ذهنی است و بستگی به هدف و تمایلات مدیران دارد، بنابراین، ترجیحات مدیران باید در فرآیند تصمیم‌گیری به حساب آورده شود. در این تحقیق، مجموعه‌ای از معیارهای فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی به عنوان معیارهای توسعه پایدار برای ارزیابی استراتژی‌های مدیریت سیل معرفی شده است. به کارگیری بیشتر استراتژی‌های انعطاف‌پذیر و مرتبط با معیارهای مناسب تصمیم‌گیری اتخاذ شده که به موجب آن یک رویکرد مؤثر برای ارزیابی بیشتر راه‌حل‌ها و سناریوهای پایدار زیستی نشان داده شده است. در جایگزین کردن ارزش ضعیف یک معیار با ارزش قوی دیگر معیارها در رتبه‌بندی گزینه‌ها، استفاده از یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره جبرانی، DEFINITE برای رتبه‌بندی استراتژی‌های پیشنهادی سازه‌ای و غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب پیشنهاد شده است. در نهایت، نتیجه‌گیری اصلی این پژوهش می‌توان خلاصه شود در:



- مدل پیشنهاد شده قادر به رتبه‌بندی گزینه‌های مدیریت بحران سیل با توجه به مقادیر کمی و کیفی معیارهای توسعه پایدار برای رسیدن به اهداف آن می‌باشد.
  - نتایج تحلیل‌های عدم قطعیت و استفاده از دیدگاه‌های مختلف برای نشان دادن نقطه نظرات متفاوت تصمیم‌گیرندگان نشان دهنده تغییر در اولویت‌بندی استراتژی‌ها می‌باشد.
  - نتیجه اولویت‌بندی در مدل پیشنهاد شده نشان می‌دهد که مدل می‌تواند تمام معیارهای توسعه پایدار را با استفاده از مشخصه جبرانی شامل شود.
- بر اساس نتیجه این تحقیق، استفاده از مدل با معیارهای توسعه پایدار ارائه شده قطعاً برای تعیین یک برنامه مناسب مدیریت بحران سیل در هماهنگی با مفهوم توسعه پایدار توصیه می‌شود. همچنین نشان داده شد که با اتخاذ مجموعه‌های مختلف از سناریوها که ممکن است نشان دهنده نقطه نظرات مختلف سیاسی باشد، رویکرد جدید وجود بیش از یک دیدگاه استراتژیک را به رسمیت می‌شناسد. به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که روش‌های MCDM ابزارهای مفیدی برای ارزیابی یکپارچه و جامع استراتژی‌های مدیریت حوضه رودخانه می‌باشند که در آن تصمیم‌گیرندگان معمولاً با مجموعه‌ای از گزینه‌ها مواجه هستند.

## ۶. مراجع

- 1) World Meteorological Organization and Global Water Partnership (2004) Associated Programme on Flood Management (APFM), Integrated Flood Management, Concept Paper. WMO & GWP, Geneva, Technical Document No. 1.
- 2) World Meteorological Organization and Global Water Partnership (2006) Associated Programme on Flood Management (APFM), Legal and Institutional Aspects of Integrated Flood Management. WMO & GWP, Stockholm, Technical Document No. 2.
- 3) Takeuchi, K., Hamlin, M., Kundzewics, Z.W., Rosbjerg, D. and Simonovic, S.P., (1998) Sustainable Reservoir Development and Management. IAHR Pub, No: 251.
- 4) Willett, K., Sharda, R., (1991) Using the Analytic Hierarchy Process in Water Resources Planning: Selection of Flood Control Projects. Pergamon Press plc, Socio-Econ. Plann. Sci. 25, 103-112.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

- 5) Costa, C.A.B.E., Dasilva, P.A.D., Correia F.N., (2004) Multi-criteria Evaluation of Flood Control Measures: The Case of Ribeira do Livramento. Water Resource Manage. 18, 263–283.
- 6) Brouwer, R. Van-Ek R., (2004) Integrated ecological, economic and social impact assessment of alternative flood control policies in the Netherlands. Elsevier, Ecol. Econ. 50, 1–21.
- 7) Kubal, C., Haase, D., Meyer, V., Scheuer, S., (2009) Integrated urban flood risk assessment—adapting a multi-criteria approach to a city. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9, 1881–1895.
- 8) Dang N.M., Babel, M.S., Luong, H.T., (2010) Evaluation of flood risk parameters in the Day River Flood Diversion Area, Red River Delta, Vietnam. Springer, Natural Hazards, DOI 10.1007/s11069-010-9558-x
- 9) Meyer, V., Scheuer, S., Haase, D., (2008) A multi-criteria approach for flood risk mapping exemplified at the Mulde River, Germany. Springer, Nat. Hazards 48, 17–39.
- 10) Janssen, R., Herwijnen, M., and Beinat, E., (2003) DEFINITE case studies and user manual, Vrije University Amsterdam /IVM, Amsterdam.
- 11) Yazdandoost, F., Bozorgy, B., (2008) Flood risk management strategies using multi-criteria analysis, Proc. of the Inst. of Civ. Eng. Water Manage 161 October 2008 Issue WM5: 261–266, doi: 10.1680/wama.2008.161.5.261.
- 12) Kholghi, M. (2002) The use of MDCM method in prioritizing sub-watersheds structural flood control, Iran J of Nat Resource, 55, 479–490 (In Persian).
- 13) Ciegis, R., Ramanauskienė, J., and Martinkus, B. (2015) The concept of sustainable development and its use for sustainability scenarios. Engineering Economics, 62(2).
- 14) Gasparatos, A., El-Haram, M., and Horner, M. (2008). A critical review of reductionist approaches for assessing the progress towards sustainability. Environmental Impact Assessment Review, 28(4), 286–311.
- 15) Makropoulos, C. K., Natsis, K., Liu, S., Mittas, K. and Butler, D. (2008) Decision support for sustainable option selection in integrated urban water management. Environment Model Software 23(12): 1448–1460.
- 16) Sandoval-Solis, S., McKinney, D. C., and Loucks, D. P. (2010). Sustainability index for water resources planning and management. Journal of Water Resources Planning and Management, 137(5), 381–390.



- 17) McBean, G. A. (2012). Integrating disaster risk reduction towards sustainable development. Current Opinion in Environmental Sustainability, 4(1), 122–127.
- 18) DE Bruijn K. M. (2005) Resilience and Flood Risk Management. A System Approach Applied to Lowland Rivers, PhD thesis, Delft University.
- 19) Bozorgy, B. (2007) Sustainable flood management through a risk management approach, Dissertation, K.N.TOOSI University of Technology, Tehran, Iran (In Persian).
- 20) Bruce, J. P. (1992). Meteorology and Hydrology for Sustainable Development, World Meteorological Organization Report No 769.
- 21) Asprone, D., and Manfredi, G. (2013). Linking disaster resilience and urban sustainability: a global approach for future cities. Available at SSRN 2298652.
- 22) Bahraei, S., (2012) Sustainable reservoir sedimentation management model towards the integrated water resources management, M.Sc. Thesis, Faculty of Civil Engineering, K.N.TOOSI University of technology, Tehran, Iran (In Persian).
- 23) Vieira, D.A. (2006) Modeling Hydrodynamics, Channel Morphology, and Water Quality using CCHE1D, Us– China workshop on advanced computational modelling in hydrosience & engineering, Oxford, Mississippi, USA.
- 24) Wu, W., Vieira, D.A., and Wang, S.S.Y. (2004) A 1–D Numerical Model for Non–uniform Sediment Transport under Unsteady Flows in Channel Networks, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 130, No. 9, September, 2004.
- 25) Levy, J. K., Hartmann, J., Li, K. W., An, Y., and Asgary, A. (2007). Multi-Criteria Decision Support Systems for Flood Hazard Mitigation and Emergency Response in Urban Watersheds1. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 43(2), 346–358.
- 26) Shim, K. C., Fontane, D. G., and Labadie, J. W. (2002). Spatial decision support system for integrated river basin flood control. Journal of Water Resources Planning and Management, 128(3), 190–201.
- 27) Ahmad, S., and Simonovic, S. P. (2006). An intelligent decision support system for management of floods. Water Resources Management, 20(3), 391–410.
- 28) Janssen, R., Herwijnen, V. M., and Beinat, E. (2000). Decision support system for a finite set of alternatives (DEFINITE) manual. Institute for Environmental Studies Vrije Universiteit, Amsterdam.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



شرکت مدیریت منابع آب ایران





وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

- 29) Sharifi A., Van Herwijnen M. and Van Den Toom W. (2004) Spatial Decision Support Systems, Lecture Notes, ITC.
- 30) Majdzadeh, M.R. and Mousavi, S.M. (2012) a one-dimensional simulation of sediment transport in young rivers with Siah Bisheh basin case study, M.Sc. thesis, Department of Civil Engineering, Power and Water University of Technology, Tehran, Iran (In Persian).



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01340129

## نقش برنامه‌ریزی منطقه‌ای در کاهش مخاطرات سیلاب رودخانه زاینده‌رود

پیمان مختاری مطلق<sup>۱\*</sup>، احمدرضا صادقی<sup>۲</sup>، علی بصیرپور<sup>۳</sup>

۱- کارشناس دفتر مدیریت رودخانه‌ها و سواحل شرکت آب منطقه‌ای اصفهان.

۲- مدیر دفتر مدیریت رودخانه‌ها و سواحل شرکت آب منطقه‌ای اصفهان.

۳- معاون حفاظت و بهره‌برداری شرکت آب منطقه‌ای اصفهان.

### چکیده:

حفظ و حراست از بستر رودخانه‌ها نقشی اساسی در کاهش مخاطرات ناشی از وقوع سیلاب دارد. از آنجایی که تصرفات انجام شده در هر منطقه بسته به شرایط محل متفاوت می‌باشد، لذا نیازمند برنامه‌ریزی مجزا می‌باشد. همچنین اطلاع‌رسانی نقش بسزایی در کاهش تصرفات و هزینه‌ها داشته و موجب مشارکت بیشتر ذینفعان می‌شود. رودخانه زاینده‌رود شاه‌رگ حیاتی فلات مرکزی است که طول این رودخانه در استان اصفهان حدود ۳۶۵ کیلومتر می‌باشد. در این مطالعه برای حفاظت از رودخانه زاینده‌رود از سراب تا پایاب برنامه‌ریزی منطقه‌ای صورت پذیرفت. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و پیمایش محلی مناطق شناسایی و تصرفات دسته‌بندی و در هر منطقه مشخص شد. بانک اطلاعاتی در محیط GIS تنظیم شد. نوع تصرف اقدام به رفع آن صورت پذیرفت. نتایج برنامه‌ریزی انجام شده، آزادسازی بیش از ۱۴۰ هکتار از اراضی بستر رودخانه زاینده‌رود را حاصل نمود.

**کلمات کلیدی:** آزادسازی، اطلاع‌رسانی، بستر، تصاویر ماهواره‌ای، زاینده‌رود.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦♦♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
♦♦♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



## ۱. مقدمه

آب یکی از مهم‌ترین عوامل رشد و توسعه کشورهاست. ایران به دلیل کم بودن ریزش‌های جوی نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی، در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد و از طرف دیگر، به دلیل رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه بخش‌های اقتصادی روزبه‌روز با افزایش تقاضای آب مواجه می‌باشد [۱]. رودخانه‌ها به عنوان اصلی‌ترین منبع تأمین‌کننده آب برای انسان و سایر موجودات بشمار می‌آیند و بعضاً این منبع زندگی باعث نابودی و خسارات جبران‌ناپذیری نیز می‌گردد [۱ و ۷]. تمدن‌های بزرگ و کهن در کنار رودخانه‌ها شکل گرفته‌اند، اما از اواسط قرن بیستم به بعد این تمدن‌ها سبب فشار بر روی رودخانه‌ها شده‌اند و به دلیل اینکه رودخانه‌ها با قدرت خود می‌خواهند تعادلشان را در طبیعت حفظ کنند، در نتیجه سبب بروز سیلاب می‌شوند. علم مهندسی رودخانه عبارت است از تمامی فرآیندهای طرح‌ریزی، طراحی و بهره‌برداری و نگهداری انواع کارهایی که مقصود از آن‌ها ایجاد تغییراتی در سیستم رودخانه است تا شرایط بهتری برای استفاده از رودخانه حاصل شود. هرساله سیل باعث بروز خسارات زیادی به مزارع، زمین‌های کشاورزی، راه‌ها، سدها، پل‌ها و جاده‌ها شده و در برخی موارد باعث مرگ بسیاری از انسان‌ها و دام‌ها می‌شود و در نتیجه باعث تخریب ساختار اجتماعی جوامع و خسارات مالی و جانی فراوانی می‌گردد. یکی از عوامل مؤثر در بروز سیلاب، توسعه شهرنشینی می‌باشد. امروزه با توجه به تغییرات مشخص که در ساختار و سازمان شهرها به وجود آمده، آن‌ها را در برابر حوادث غیرمترقبه بسیار خطرپذیر کرده است. بسیاری از دانشمندان این موضوع را مطرح می‌کنند که جهان نسبت به آنچه سابقاً و پیش از این بوده مخاطره‌انگیزتر شده است [۳].

بنابراین لازم است مطالعه خصوصیات هیدرولیکی جریان و حریم و بستر رودخانه، محدوده امن برای فعالیت‌های انسان در اطراف آن تعریف گردد [۱۰]. تجاوزات صورت گرفته توسط انسان در محدوده حریم و بستر رودخانه‌های کشور به شکل‌های گوناگون رخ داده که شدت و ضعف آن در رودخانه‌های مختلف، متفاوت می‌باشد. بررسی تعیین حریم و بستر رودخانه به معنای تعریف دقیق بخش‌های مطالعات آن و روابط صحیح بین این اجزا است که می‌تواند نقش کلیدی در برآورد صحیح حریم رودخانه داشته باشد که شامل دو رکن به کارگیری آمار و اطلاعات صحیح و بهره‌گیری از روش‌های دقیق می‌باشد. همچنین با توجه به اهمیت تعیین پهنه‌های سیلابی با





دوره بازگشت‌های مختلف برای جلوگیری از خطرات سیلاب‌ها و ساماندهی و بهسازی رودخانه و با مشخص نمودن وضعیت تأسیسات موجود در مجاور رودخانه‌ها، نیاز به انجام مطالعات هیدرولیک جریان رودخانه و تعیین پهنه‌بندی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف می‌باشد [۶ و ۸]. حد بستر رودخانه با مشخص شدن بستر هیدرولیکی و در نظر گرفتن تأثیر مطالعات ریخت‌شناسی، کاربری بستر، حقوقی، اقتصادی - اجتماعی و در نهایت قضاوت کارشناسی که در بازدید از رودخانه به دست می‌آید، تعیین می‌شود [۳، ۴ و ۱۰]. به منظور تعیین حد بستر و حریم رودخانه‌ها که پایه مطالعات آن بررسی رفتار سنجی هیدرولیک جریان رودخانه می‌باشد [۹ و ۲۰]، قوانین و آیین‌نامه‌هایی نیز به تصویب رسیده است که از آن جمله می‌توان به مواد ۱ و ۲ قانون توزیع عادلانه آب مصوب ۱۳۶۱/۱۲/۱۶ مجلس شورای اسلامی و همچنین آیین‌نامه تعیین حریم و بستر رودخانه‌ها مصوب ۱۳۷۹/۰۸/۱۱ هیئت وزیران اشاره نمود که در آن مالکیت عمومی و ملی آب مشخص شده و وزارت نیرو و شرکت‌های آب منطقه‌ای مسئول تعیین حد بستر و حریم انهار طبیعی یا رودخانه‌ها تعیین شده‌اند [۱]. به همین جهت آزادسازی حریم و بستر رودخانه امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

افزایش روزافزون تجاوزات به حریم و بستر رودخانه زاینده‌رود از سراب تا پایاب، نگرانی در حفاظت رودخانه، کاهش مخاطرات ناشی از سیلاب و تأمین آب سالم برای جمعیت بالغ بر ۵ میلیون نفر را افزایش داده است. از طرفی این رودخانه از مناطق مختلف شهری و روستای عبور می‌کند. از این رو اهداف مختلفی از جمله کشاورزی، تفریحی و تجاری را برآورده ساخته که این خود موجب تفاوت در تصرفات رخ داده از سراب تا پایاب می‌شود. به همین شناسایی تصرفات، اطلاع‌رسانی و اجرای قوانین در هر منطقه متفاوت می‌باشد که جهت حصول نتیجه نیازمند مدیریت و برنامه‌ریزی مجزا در هر منطقه می‌باشد.

## ۲. مواد و روش‌ها

رودخانه زاینده‌رود شاه‌رگ حیاتی فلات مرکزی است و در تأمین آب شرب بیش از ۵ میلیون نفر نقش کلیدی و اساسی دارد. طول رودخانه زاینده‌رود در استان اصفهان حدود ۳۶۵ کیلومتر می‌باشد. در سنوات گذشته تصرفات به حریم و بستر رودخانه در این منطقه شدت گرفته است.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

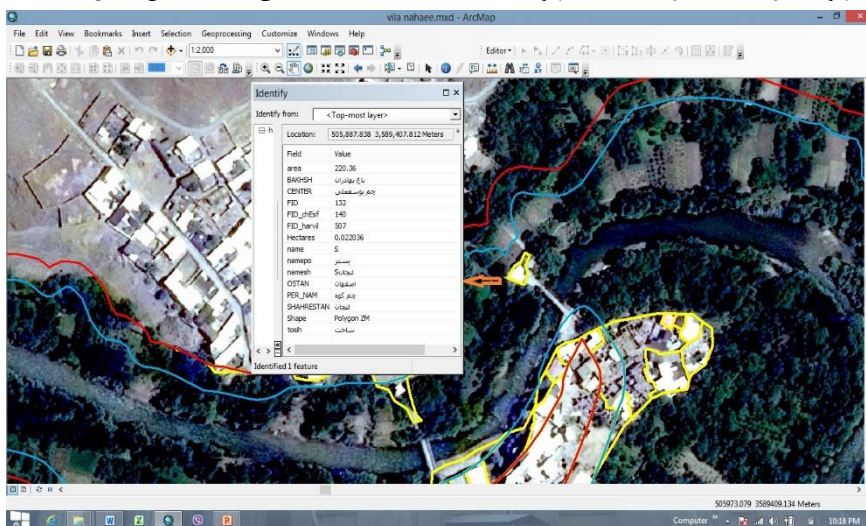
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



همان گونه که در شکل ۱ نشان داده شد جهت کاهش خطا و افزایش بهره‌وری از تصاویر ماهواره‌ای با تهیه تصاویر ماهواره‌ای و ژئورفرنس کردن آن‌ها خطوط حریم و بستر نقشه مصوب بر روی تصاویر قرار داده شد. در محیط نرم‌افزار GIS بر اساس نقطه، خط و مساحت بانک اطلاعاتی جامع تشکیل و کلیه تخلقات در محدوده حریم و بستر رودخانه زاینده‌رود رصد شد. برای بررسی، شناخت و مستندسازی تصرفات در هر منطقه از تصاویر ماهواره‌ای Quick Bird-2 استفاده شد.





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

از آنجایی که بسیاری از تصرفات ناشی از عدم اطلاع از خطرات سیلاب و قوانین می‌باشد، اطلاع‌رسانی و آموزش و اطلاع‌رسانی به مجاورین رودخانه و آشنایی آن‌ها با مبانی فنی و حقوقی رودخانه به منظور پیشگیری از تخلف و اعاده به وضع سابق انجام شد. دهمین راستا اطلاع‌رسانی اقداماتی به صورت خاص یا عام انجام گرفت از جمله: تهیه بروشور و توزیع بین مجاورین رودخانه (شامل قانون توزیع عادلانه آب، تعاریف بستر و حریم و سایر امور مرتبط)، نصب بنر در دادگستری شهرستان‌های حاشیه رودخانه زاینده‌رود، نصب بنر و اعلامیه در روستاهای مجاور رودخانه زاینده‌رود و پخش تیزرهای اطلاع‌رسانی در تلویزیون‌های شهری. شکل ۲ نمونه‌ای از اطلاع‌رسانی را نشان می‌دهد.



شکل ۲. اطلاع‌رسانی خطرات سیلاب و آشنایی با قوانین به مجاورین رودخانه زاینده‌رود



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

پس از اطلاع‌رسانی، اقدام به صدور اختاریه به متجاوزین رودخانه جهت اعاده به وضع سابق و رفع تصرف انجام و چنانچه نتیجه حاصل نشد با اخذ دستور قضایی از مراجع قضایی جهت تسریع در پیگیری و جلوگیری از تصرف با طی مراحل حقوقی و قضایی اقدام به آزادسازی صورت پذیرفت. شکل ۳ نمونه‌ای از آزادسازی‌های انجام‌شده در رودخانه زاینده رود را نشان می‌دهد.



شکل ۳. آزادسازی اراضی بستر تصرف شده در مجاورت رودخانه زاینده‌رود





### ۳. نتیجه‌گیری

تهیه بانک اطلاعاتی و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به منظور جمع‌آوری اطلاعات از تخلفات صورت گرفته در حریم و بستر رودخانه زاینده‌رود، اهداف ذیل تحقق یافت:

- ۱- مشخص شدن کلیه مستثنیات و ویلاها و اراضی کشاورزی در محدوده حد بستر و حریم.
- ۲- مشخص شدن تصرفات واقع در محدوده حد بستر و حریم.
- ۳- مشخص شدن نوع مالکیت‌ها
- ۴- مشخص شدن مکان‌های برداشت آب به صورت غیرمجاز.
- ۵- تعیین نقاط حادثه‌خیز که باعث تشدید سیلاب یا موجب مسدود شدن مسیر عبور سیلاب می‌شوند.

۶- مستندسازی و طبقه‌بندی کلیه مستثنیات، ویلاها و اراضی کشاورزی براساس مساحت محصور در محدوده حد بستر و حریم و تفکیک آن.

همچنین اجرای طرح‌های اطلاع‌رسانی و آگاهی‌بخشی با هدف ارتقا فرهنگ جامعه، حفاظت و نگهداری از رودخانه و ایجاد محل ایمن برای گذر سیلاب در بعضی از مناطق خصوصاً در سرشاخه‌ها را تسهیل نمود. آگاه‌سازی مردم از عام‌المنفعه بودن اجرای طرح‌های حفاظتی؛ علاوه بر کاهش هزینه‌ها و مشارکت بیشتر کشاورزان و مجاورین رودخانه موجب کاهش خطرات ناشی از وقوع سیلاب شد.

همچنین اجرای برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای و طرح‌های آزادسازی در هر منطقه موجب شد تا بیش از ۱۴۰ هکتار از اراضی مجاور رودخانه در سال ۹۵ آزادسازی و بستر رودخانه جهت گذر سیلاب، ایمن گردد.

### ۴. مراجع

۱. آرمان، نسیم و علی سلاجقه. (۱۳۸۵). تعیین حریم و بستر رودخانه با استفاده از نرم‌افزار AUTOCAD، HEC-RAS مطالعه موردی: بازه‌ای از رودخانه کرج (سیرا- پل خواب). هفتمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

۲. بالی، علی، بهمن‌پور، آرش و هومن بهمن‌پور. (۱۳۹۰). تعیین سیمای سرزمین روستای دشت رز با استفاده از RS و GIS به منظور پایش تغییرات اکولوژیک. مجموعه مقالات هجدهمین همایش ملی ژئوماتیک ایران؛ سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران. ۱۴ ص

۳. جلالی‌راد، رضا. (۱۳۸۱). پهنه‌بندی سیل در بخشی از حوزه آبخیز شهری تهران با استفاده از GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۱۵ ص.

۴. روشن، حسین، وهاب‌زاده، قربان، سلیمانی، کریم و رسول‌فرهادی. (۱۳۹۲). شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه با استفاده از مدل HEC-RAS در محیط GIS (مطالعه موردی: رودخانه بشار، استان کهگیلویه و بویراحمد). پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز سال چهارم (۷): ۷۰-۸۴

5. Earles, T.A., R.K. Wright, C. Brown and T.E. Langan. (2004). Los Alamos forest fire impact modeling. Journal of the American Water Resources Association, (JAWRA) 40(2): 371-384.
6. Eric Tate, M.S.E. and D. Maidment. 1999. Floodplain Mapping using HEC-RAS and ArcViewGIS, Bureau of Engineering Research, The University of Texas, Austin, 223 pp.
7. Gregory, K.J. (2006). The Human role in changing river channels. Geomorphology, 76: 172-191.
8. James, M.D., M.D. Larson and T.F. Golver. (1980). Floodplain management needs peculiar to arid climate. Water Resources Bulletin, 16(6): 1020-1029.
9. Kamanbedast, A. and Y. Esfandiari. (2011). Investigation and study of morphological changing of rivers using HEC-GeoRAS and Mike 11 Software. World Applied Sciences Journal, 13(5): 1253-1258.
10. Plate, E.J. (2002). Flood risk and flood management. Journal of Hydrology, 297: 2-11.
11. Ziaabadi, L., Z. Yousefi, V. Gholami and E. Jokar. (2010). Modeling of river hydraulic behavior for site selection the outlets of surface water system (Case Study: Rasht City, Iran). American - Eurasian Journal of Agricultural & Environ. Science, 7(2): 149-156.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01380131

## ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی بارش GFS و WRF در حوضه آبریز گاوشان

مجید جوانمرد قصاب<sup>۱\*</sup>، حمیدرضا اسلامی<sup>۲</sup>، نادر رضایی بنیس<sup>۳</sup>، معصومه عیوضی<sup>۴</sup>

۱- مدیر بخش تحقیق و توسعه - شرکت پایشگر تدبیر افزار- Javanmard.majid@gmail.com

۲- مدیرعامل - شرکت پایشگر تدبیر افزار- Eslami@pta.ir

۳- قائم مقام معاونت فنی و پژوهش‌ها - شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران.

۴- مدیر بخش منابع آب - شرکت پایشگر تدبیر افزار.

### چکیده:

پیش‌بینی عددی مقدار بارش مانند دیگر کمیت‌های هواشناسی در سطح زمین با خطا همراه است و همواره تلاش می‌شود با به‌کارگیری روش‌های مناسب، مقدار خطا کاهش یابد. بدین منظور نیاز به ارزیابی خروجی مدل‌های عددی به منظور سنجش میزان تطابق بین پیش‌بینی‌ها و مشاهدات برای انتخاب بهترین حالت وجود دارد. در این تحقیق به منظور راست آزمایی نقشه‌های پیش‌بینی بارش GFS و WRF در حوضه آبریز منتهی به سد گاوشان، آمار بارندگی‌های مشاهداتی ایستگاه‌های سینوپتیک برای دوره ۲ ساله مورد بررسی قرار گرفته و طوفان‌هایی که بیشترین پوشش دهی در سطح منطقه مطالعاتی را داشتند و از ۲۰ میلی‌متر بالاتر بودند، انتخاب شدند. سپس طوفان‌های نقطه‌ای با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ به نقشه‌های سطحی تبدیل شدند. جهت بررسی برتری نقشه‌های پیش‌بینی، سه معیار مقدار مجموع بارش طوفان، فاصله مرکز ثقل مجموع بارش نقشه‌های پیش‌بینی GFS و WRF با نقشه‌های مشاهداتی و همچنین جهت مرکز ثقل بارش نقشه‌های پیش‌بینی نسبت به بارش مشاهداتی در هر یک از جهات ۸ گانه بررسی شد. نتایج نشان داد که مدل GFS در خطای متوسط و حداکثر بارش در اکثر طوفان‌های منتخب عملکرد بهتری را نسبت به مدل WRF داشته است. همچنین در بررسی جهت جابجایی مرکز ثقل طوفان‌ها در مدل GFS عموماً به سمت غرب بوده در حالی که در مدل WRF جهت جابجایی مرکز ثقل در اکثر طوفان‌ها به سمت شرق بوده است.

کلمات کلیدی: پیش‌بینی، بارش، مرکز ثقل، کریجینگ، GFS، WRF.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



## ۱- مقدمه

مدل‌های عددی وضع هوا ابزاری هستند که در کنار سایر امکانات، مانند تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های راداری، در ارتقا کیفیت پیش‌بینی‌ها نقش بسزایی دارند. با این حال این مدل‌ها به دلایل متعددی دارای خطاهایی هستند. مقادیر این خطاها به‌ویژه در پیش‌بینی کمیت‌های سطح زمین مانند دمای ۲ متری و بارش قابل توجه است

با گسترش کاربرد مدل‌های عددی وضع هوا در دهه اخیر، تحقیقات در ارتباط با ارزیابی پیش‌بینی مدل‌ها وارد مرحله تازه‌ای شده است. ناترو و مانویانکو (۱۹۹۹) با ارزیابی مدل Eta در سه ایستگاه منتخب به بررسی کیفیت مدل در برآورد پیش‌بینی‌های متغیرهای سطحی و جو بالا در دو فصل سرد و گرم پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که مدل میان‌مقیاس Eta، تکامل میدان بزرگ‌مقیاس را به خوبی پیش‌بینی می‌کند، اما چالش اصلی در پیش‌بینی‌های زمان واقعی، تمایز بین خطای غیر سامانمند از خطای سامانمند است که باعث افزایش خطای کلی پیش‌بینی می‌شود.

کناویول و همکاران (۲۰۰۴) روشن ساختند که با کمک تحلیل هماهنگ (هارمونیک) می‌توان عملکرد مدل عددی پیش‌بینی وضع هوا را در تحلیل مدل‌های زمانی بارش شبیه‌سازی شده بررسی کرد. دیویس و همکاران (۲۰۰۶) به ارزیابی عینی پیش‌بینی‌های بارش مدل WRF روی ایالات متحد پرداخته‌اند. در این روش که به منظور تعریف مناطق بارانی برای اهداف ارزیابی بارش پیش‌بینی شده با مدل‌های عددی وضع هوا توسعه یافته، شیء‌های بارش در هر دو مورد پیش‌بینی‌ها و مشاهدات بر پایه هم‌میخت (Convolution) و یک روش آستانه گذاری تعریف می‌شوند. نتایج آن‌ها نشان داد که روی هم رفته خطاهای پیش‌بینی بارش مدل WRF ارزیابی‌های بزرگی در این منطقه ندارند، اما در ساعات بعد از ظهور ارزیابی‌ها مثبت می‌شوند و به بیشینه خود می‌رسند. شو و همکاران (۲۰۰۹) پیش‌بینی‌های مدل WRF را با گوارد داده ماهواره‌ای و بدون گوارد داده ماهواره‌ای در منطقه جنوب غرب آسیا برای کمیت‌های دمای ۲ متری، بارش و باد، در ماه مه ۲۰۰۶ ارزیابی کرده‌اند. آن‌ها نتیجه گرفتند که پیش‌بینی‌های دمای ۲ متری با توپوگرافی سطح شدیداً متغیرهای جوی متفاوت است و خطاها در پیش‌بینی‌های دمای ۲ متری با توپوگرافی سطح شدیداً مرتبط است. همچنین با به کارگیری داده‌های ماهواره‌ای تابش و بهبود شرایط اولیه، خطاهای مدل تا حدی روی بعضی از مناطق مورد بررسی کاهش می‌یابد. (Zhang et al., 2009) با استفاده از



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

پیش‌بینی کمی بارندگی و ترکیب آن با شبکه عصبی جریان را پیش‌بینی کردند. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که زمان انتظار (هشدار) پیش‌بینی طولانی شده است و علاوه دقت نتایج پیش‌بینی نسبت به مدل‌های سنتی ARMA بسیار بهتر شده است. صدودی و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی کارایی مدل ECMWF برای پیش‌بینی بارش به مدت یک سال روی ایران پرداختند. آن‌ها نمره‌های ارزیابی شامل ریشه خطای میانگین مربعات، معیار برخورد و نسبت هشدارهای نادرست و امتیاز مهارتی آمار مهارت‌های درست را به منظور بررسی کیفیت پیش‌بینی‌های بارش مدل در آستانه‌های گوناگون مورد استفاده قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها روشن ساخت که مدل ECMWF فقط تا حدی موقعیت نوارهای بارشی را به درستی پیش‌بینی می‌کند، درحالی‌که موقعیت بارش‌های بیشینه با مشاهدات سازگار است. همچنین در برآورد بارش‌های روزانه با استفاده از این مدل، اندکی برآورد اضافی وجود دارد. (Wetterhall et al., 2011) نیز به مقایسه داده‌های روزانه و ۶ ساعته بارش مدل عددی جهانی ECMWF برای دوره ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۹ به‌عنوان ورودی مدل هیدرولوژیکی پرداخته است و نتایج نشان داده است که استفاده داده‌های ۶ ساعته برای کالیبراسیون مدل هیدرولوژیکی بهتر است و موجب بهبود پیش‌بینی سیلاب می‌گردد. Juan et al., (2014) به پیش‌بینی سیلاب با استفاده از داده‌های بارش پیش‌بینی شده مدل عددی منطقه‌ای AMC2 در حوضه رودخانه Huaihe چین پرداخته شده است. نتایج نشان دهنده این است که استفاده مدل منطقه‌ای موجب افزایش دقت در پیش‌بینی سیلاب و کاهش عدم قطعیت در پیش‌بینی می‌شود. در تحقیق دیگر (Wansik et al., 2015) با هدف بهبود در پیش‌بینی سیلاب مدل هیبریدی بر پایه رادار و مدل عددی پیش‌بینی بارش را در حوضه کوهستانی رودخانه Shingu ژاپن استفاده کرده‌اند. به منظور پیش‌بینی سیلاب از مدل هیدرولوژیکی توزیعی KWMS استفاده شده است. نتایج نشان دهنده عملکرد رضایت‌بخش مدل هیبریدی پیش‌بینی بارش در کاهش گستره بارش پیش‌بینی شده و متعاقباً عملکرد کافی در پیش‌بینی دبی پیک است.

در زمینه ارزیابی پیش‌بینی‌های بارش مدل‌های عددی، تحقیقاتی نیز در داخل کشور صورت گرفته است. برای نمونه، آزادی و همکاران (۱۳۸۸) در تحقیقی برون‌داد مدل WRF برای کمیت بارش روی ایران را برای ماه ژانویه در زمستان ۲۰۰۸، مورد راستی‌آزمایی قرار داده‌اند. به منظور راستی‌آزمایی برای دو وضعیت بارش و فقدان بارش و نیز در نظر گرفتن چهار آستانه برای بارش،



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سونج طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦ info@ifmc.ir ♦  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



جدول توافقی را تشکیل دادند و بعضی از امتیازات مهارتی را محاسبه کردند. مزرعه فراهانی و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی اثر تغییر تفکیک افقی مدل میان مقیاس MM5 در شبیه‌سازی بارش ناشی از یک سامانه همدیدی در ایران پرداخته و نتیجه گرفتند که مدل قادر به شبیه‌سازی مناسب میدان بارش است و با کاهش فاصله شبکه‌ای میدان بارش دقت کیفی قابل قبولی پیدا می‌کند. همچنین هدایتی دزفولی و آزادی (۱۳۸۹) به بررسی راستی آزمایی پیش‌بینی بارش مدل منطقه‌ای MM5 در فصل سرد سال روی ایران پرداخته و با به دست آوردن پیش‌بینی‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعته برای بارندگی تجمعی ۲۴ ساعته، مقادیر شبیه‌سازی شده را با مقادیر دیده‌بانی شده مقایسه کردند. شیرغلامی (۱۳۸۸) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود، برون‌داد مدل WRF برای بارندگی روی ایران را پس پردازش کرد. ایشان بارش‌های ۲۴ ساعته برون‌داد مدل WRF برای ۲۰۵ ایستگاه همدیدی کشور را با استفاده از روش میانگین لغزان و برآورد کننده بهینه ساده مورد پس پردازش قرار داد. از عواملی که در نتایج به دست آمده در این پژوهش مؤثر بوده است، طول دوره آموزش مناسب می‌باشد. به طور کلی نتایج نشان می‌دهد که روش‌های پس پردازش مورد استفاده توانسته است، خطای سامانمند موجود در برون‌داد مدل را کاهش دهد. به طوری که میانگین خطای مطلق بارندگی، به طور میانگین در حدود ۲۰ درصد کاهش یافته است؛ بنابراین استفاده از پس پردازش برای پیش‌بینی بارش مدل‌ها مفید و ضروری می‌باشد. محاسبه برخی شاخص‌های راست‌آزمایی متداول مانند اریبی، میانگین خطای مطلق و امتیاز مهارتی متناظر با آن نشان می‌دهد که هر دو روش پس پردازش میانگین لغزان و برآورد کننده بهینه ساده به طور قطع خطای برون‌داد مدل را بهبود می‌بخشند. همچنین نتایج به دست آمده از این شاخص‌ها نشان می‌دهد که روش پس پردازش میانگین لغزان نسبت به روش برآورد کننده بهینه ساده، خطای پیش‌بینی مدل را بیشتر کاهش می‌دهد. تقی زاده (۱۳۸۹) به بررسی عملکرد مدل‌های منطقه‌ای HRM، MM5 و WRF با محاسبه کمیت‌های راست‌آزمایی برای پیش‌بینی بارش روی ایران پرداخته است. نتایج نشان داد با افزایش مقیاس زمانی پیش‌بینی دقت پیش‌بینی‌ها کاهش پیدا کرده است. همچنین دقت پیش‌بینی سه مدل در حالت‌های بررسی شده به هم نزدیک بوده است.

ضرورت استفاده از مدل‌های منطقه‌ای پیش‌بینی عددی بارش برای صدور پیش‌بینی وضع بارش امری انکارناپذیر است به طوری که هر ساله این مدل‌ها در جهان بهبود یافته و متنوع‌تر می‌شوند؛ اما



این که پیش‌بینی کدام یک از مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا (NWP) بهتر است یک سؤال مشترک بین تمام هواشناسان و حتی کاربران پیش‌بینی‌های هواشناسی است. همچنین در کشور ایران استفاده عملیاتی و تحقیقاتی از مدل‌های منطقه‌ای پیش‌بینی عددی وضع هوا در چند سال اخیر متداول شده است. با وجود این در کشور هنوز تحقیقی برای راستی‌آزمایی این پیش‌بینی‌ها به صورت نقشه‌ای و مقایسه این روش‌ها با یکدیگر برای معیار مرکبی از مقدار و مکان صورت نگرفته است. لذا در این تحقیق به بررسی و مقایسه میان نتایج بارش مدل‌های WRF و GFS در حوضه آبریز گاوشان پرداخته شد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- روش زمین‌آمار

**کریجینگ:** روش‌های زمین‌آماري خواص آماری نقاط نمونه‌گیری شده را در نظر گرفته و با استفاده از فرایندهای تصادفی با همبستگی مکانی به صورت مدل در می‌آورند. در چندین دهه گذشته روش کریجینگ ابزاری بنیادین و کارآمد در بین روش‌های زمین‌آمار بوده است. این روش نیز همانند روش IDW با وزن دهی به داده‌های اطراف نقطه مورد برآورد، کمیت مجهول را به دست می‌آورد. با این تفاوت که در روش کریجینگ وزن‌ها از روش خبره‌تری به دست می‌آید. در روش‌های زمین‌آمار، اطلاعات موقعیت مکانی داده‌ها نیز در محاسبات وارد می‌گردند و سعی می‌شود تا رابطه‌ای نیز بین آن‌ها تعریف گردد. معمولاً این ارتباط و همبستگی بین نمونه‌ها به صورت یک مدل ریاضی ارائه می‌شود تا از این طریق بتوان تغییرپذیری را شبیه‌سازی نمود؛ بنابراین برای آن‌ها، همبستگی مکانی را می‌توان تعریف نمود. ابزارهای مختلفی برای بررسی این همبستگی وجود دارد که می‌توان به تغییرنما اشاره کرد.

### ۲-۲- مدل‌های پیش‌بینی

**GFS:** سیستم پیش‌بینی جهانی (GFS) یک مدل پیش‌بینی آب‌وهوایی است که توسط مراکز ملی پیش‌بینی محیط زیست (NCEP) تهیه شده است. ده‌ها متغیرهای جوی و زمین-خاک از طریق این مجموعه داده، از جمله درجه حرارت، باد و بارش به رطوبت خاک و غلظت ازن با اتمسفر در دسترس است. کل دنیا توسط GFS تحت رزولوشن پایه افقی ۱۸ مایل (۲۸ کیلومتر) بین نقاط



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



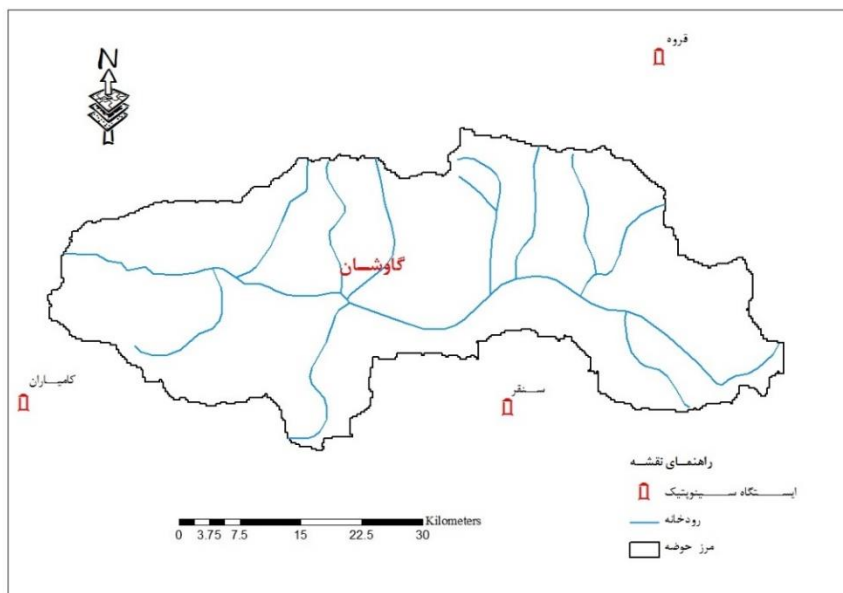


شبکه پوشیده شده است که در پیش‌بینی‌های عملیاتی تا ۱۶ روز آینده استفاده می‌گردد. مدل GFS یک مدل ترکیبی است که از چهار مدل جداگانه تشکیل شده است (یک مدل جوی، یک مدل اقیانوسی، مدل زمین / خاک و یک مدل یخ دریا) که با یکدیگر همکاری می‌کنند تا تصویر دقیق شرایط آب‌وهوایی را ارائه دهند. برای بهبود عملکرد و دقت پیش‌بینی مدل GFS تغییرات به‌طور منظم به آن اعمال می‌شود.

**WRF:** مدل تحقیق و پیش‌بینی آب‌وهوا (WRF) یک سیستم نسل آینده پیش‌بینی عددی مقیاس متوسط است که برای تحقیقات اتمسفر و برنامه‌های کاربردی پیش‌بینی عملیاتی طراحی شده است. این مدل، دو هسته پویا، یک سیستم جذب داده و یک معماری نرم‌افزاری دارد که از محاسبات موازی و گسترش سیستم پشتیبانی می‌کند. این مدل طیف وسیعی از عملیات‌های کاربردی هواشناسی را در مقیاس‌های ده‌ها متر تا هزاران کیلومتر ارائه می‌دهد. مدل WRF در بخش دوم دهه ۱۹۹۰ تلاش برای توسعه آن آغاز شد که حاصل مشارکت مشترک مرکز ملی تحقیقات جوی (NCAR)، اداره ملی اقیانوسی و جوی (که توسط مرکز ملی پیش‌بینی محیط زیست (NCEP) و سپس آزمایشگاه سیستم‌های پیش‌بینی (FSL) ارائه شد)، سپس آژانس هواشناسی نیروی هوایی (AFWA)، آزمایشگاه تحقیقات دریایی، دانشگاه اوکلاهما و اداره هواپیمایی فدرال (FAA) می‌باشد.

## ۲-۳- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز گاوشان با مساحت ۲۰۷۱ کیلومترمربع در استان کردستان بین ۴۶ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۴۷ درجه تا ۵۷ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۴ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۶ دقیقه عرض شمالی نسبت به خط استوا قرار دارد. بیشینه ارتفاع در منطقه مورد مطالعه حدود ۱۴۴۵٫۱ متر و کمینه ارتفاع واقع در محل خروجی (محل سد مخزنی گاوشان) حدود ۳۱۹۵٫۱ متر بالاتر از سطح دریا است. شیب متوسط آبخیز مورد مطالعه ۱۲ درصد می‌باشد. شکل ۱ موقعیت حوضه آبریز گاوشان به همراه ایستگاه‌های سینوپتیک را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت حوضه آبریز گاوشان

## ۲-۲- جمع‌آوری آمار طوفان‌های اتفاق افتاده در منطقه طرح

به منظور راست آزمایی مدل‌های پیش‌بینی GFS و WOF در حوضه آبریز منتهی به سد گاوشان، آمار بارندگی‌های مشاهداتی ایستگاه‌های سینوپتیک برای دوره ۲ ساله (۹۵-۱۳۹۴ لغایت ۹۶-۱۳۹۵) مورد بررسی قرار گرفته و طوفان‌هایی که بیشترین پوشش دهی در سطح منطقه مطالعاتی را داشتند و از ۲۰ میلی‌متر بالاتر بودند، انتخاب شدند. لیست تاریخ طوفان‌های مورد استفاده (۲۷ طوفان) در جدول ۱ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که هر طوفان شش روزه در نظر گرفته شده است.





### جدول ۱- لیست تاریخ طوفان‌های مورد استفاده

| سال ۹۵-۹۶  |            | سال ۹۴-۹۵  |            |
|------------|------------|------------|------------|
| ۱۳۹۵/۱۲/۲۵ | ۱۳۹۵/۰۹/۰۹ | ۱۳۹۴/۱۱/۰۲ | ۱۳۹۴/۰۸/۰۳ |
| ۱۳۹۵/۱۲/۲۸ | ۱۳۹۵/۰۹/۲۲ | ۱۳۹۴/۱۱/۱۶ | ۱۳۹۴/۰۸/۱۴ |
| ۱۳۹۶/۰۱/۰۱ | ۱۳۹۵/۰۹/۲۷ | ۱۳۹۴/۱۲/۰۳ | ۱۳۹۴/۰۸/۲۴ |
| ۱۳۹۶/۰۱/۱۰ | ۱۳۹۵/۱۰/۰۳ | ۱۳۹۴/۱۲/۲۳ | ۱۳۹۴/۰۹/۰۹ |
| ۱۳۹۶/۰۲/۱۰ | ۱۳۹۵/۱۱/۰۵ | ۱۳۹۵/۰۱/۰۵ | ۱۳۹۴/۱۰/۰۸ |
| ۱۳۹۶/۰۲/۱۳ | ۱۳۹۵/۱۱/۲۴ | ۱۳۹۵/۰۱/۲۲ | ۱۳۹۴/۱۰/۱۶ |
|            | ۱۳۹۵/۱۲/۱۹ | ۱۳۹۵/۰۲/۱۷ | ۱۳۹۴/۱۰/۲۷ |

### ۲-۵- روش تحقیق

منظور از فرآیند راست آزمایی همان ارزیابی کیفیت پیش‌بینی‌های هواشناسی است که در آن نتایج فرآیند پیش‌بینی با دیدبانی متناظر مقایسه می‌شود.

**بارش مشاهده‌ای:** برای انجام فرآیند راست آزمایی با توجه به اینکه پیش‌بینی‌های بارش به صورت نقشه‌ای می‌باشند نیاز است که مشاهدات نیز به صورت توزیع مکانی تبدیل شوند. برای این منظور ابتدا مجموع بارش نقطه‌ای ۶ روزه در ۲۷ طوفان منتخب محاسبه شده و لایه اطلاعات ایستگاه‌های مشاهداتی در محیط نرم‌افزار ArcGIS برای ۲۷ طوفان منتخب تهیه شد. سپس در محیط نرم‌افزار ArcGIS با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ (Kriging) بارش‌های نقطه‌ای به بارش سطحی تبدیل شد. در مرحله بعد نقشه‌های مکانی بارش مشاهداتی به سائز مشخص با پیکسل سائز ۲۰۰۰ کیلومتر تبدیل شده و سیستم تصویر Lambert Iran برای آن تعریف شده است. سپس مقادیر میانگین، ماکزیمم، مینیمم و مرکز ثقل هر یک از طوفان‌های رخ داده شده برای حوضه گاوشان نیز محاسبه شد.

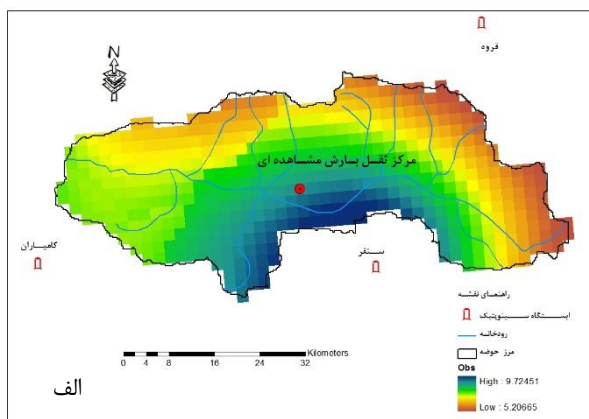
**بارش پیش‌بینی:** به منظور پردازش و محاسبات مرتبط با نقشه‌های رقومی GFS و WRF، نقشه‌های ۶ روزه GFS با سیستم تصویر Lambert Asia از سایت [www.wxmaps.org](http://www.wxmaps.org) و نقشه‌های ۶ روزه WRF با سیستم تصویر LatLong از مسیر <ftp://85.133.175.137/pub/karoon> به صورت روزانه در طوفان‌های مورد نظر اخذ شدند. جهت بررسی بارش پیش‌بینی نقشه‌های GFS و WRF نیاز است که سیستم تصویر و پیکسل سائز هر دو یکسان باشند. برای این منظور نقشه‌های GFS و





WRF به سائز مشخص با پیکسل سائز ۲۰۰۰ کیلومتر تبدیل شده و سیستم تصویر نقشه‌های پیش‌بینی از GFS به Lambert Asia به Lambert Iran و نقشه‌های پیش‌بینی WRF از latLong به Lambert Iran تبدیل شدند. در نهایت در محیط نرم‌افزار ILWIS نقشه مجموع طوفان‌های ۶ روزه GFS و WRF تهیه شد. سپس مقادیر میانگین، ماکزیمم، مینیمم و مرکز ثقل هر یک از طوفان‌های پیش‌بینی شده GFS و WRF برای حوضه گاوشان نیز محاسبه شد.

جهت راست آزمایی نقشه‌های پیش‌بینی، فاصله مرکز ثقل مجموع بارش نقشه‌های پیش‌بینی GFS و WRF با نقشه‌های مشاهداتی و همچنین جهت مرکز ثقل بارش نقشه‌های پیش‌بینی نسبت به بارش مشاهداتی در هر یک از جهات ۸ گانه شمال، جنوب، شرق، غرب، شمال غربی، شمال شرقی، جنوب غربی و جنوب شرقی مشخص شد. شکل ۲ نمونه‌ای از مرکز ثقل طوفان در نقشه‌های مکانی بارش مشاهده شده به روش کربجینگ و نقشه‌های پیش‌بینی بارش GFS و WRF در تاریخ ۲۲-۰۹-۹۵ را نشان می‌دهد.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



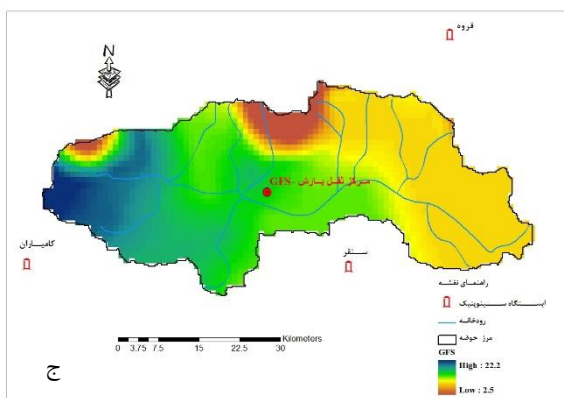
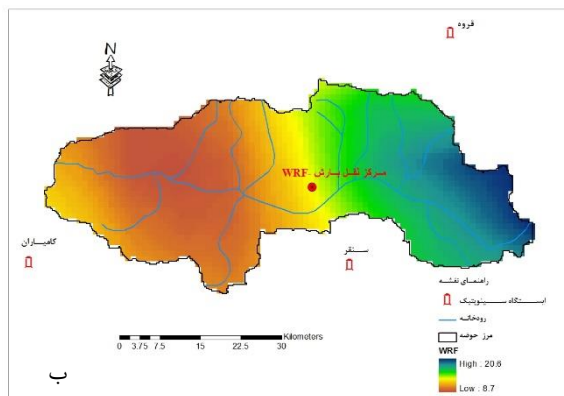
وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



شکل ۲- مرکز ثقل محاسبه شده در طوفان ۲۲-۰۹-۹۵ در الف- مشاهده‌ای، ب- WRF، ج- GFS

### ۳- نتایج و بحث

در این مطالعه مقایسه‌ای میان نتایج بارش مدل‌های WRF و GFS در حوضه آبریز گاوشان برای ۲۷ طوفان منتخب در دوره دو ساله ۹۴ الی ۹۶ صورت گرفته است. این ارزیابی با مقایسه مقادیر متوسط، حداکثر بارش و فاصله مرکز ثقل طوفان مشاهداتی و پیش‌بینی و جهت جابجایی مرکز ثقل طوفان در سیستم ۸ جهته در حوضه گاوشان انجام گرفته و نتایج در زیر ارائه می‌شود.



جدول ۲ میزان فاصله مرکز ثقل طوفان مشاهداتی و نقشه‌های پیش‌بینی GFS و WRF در طوفان‌های منتخب را نشان می‌دهد. مطابق با این نتایج از بین ۲۷ طوفان منتخب مورد بررسی فقط در ۷ طوفان هر دو مدل پیش‌بینی بارش GFS و WRF جهت مرکز ثقل را در یک جهت نشان داده‌اند. همچنین در تاریخ‌هایی که هر دو مدل جهت را یکسان نشان داده‌اند میزان فاصله مرکز ثقل مدل GFS کمتر بوده است؛ یعنی مرکز طوفانی که توسط مدل GFS پیش‌بینی شده است به مرکز طوفان مشاهده‌ای (رخ داده شده) نزدیک بوده است. در دیگر طوفان‌های منتخب مورد بررسی (۲۰ طوفان باقیمانده) جهت مرکز ثقل طوفان در نقشه‌های پیش‌بینی GFS و WRF تفاوت فاحشی داشته، به‌طوری‌که از بین ۲۰ طوفان منتخب باقیمانده ۷ طوفان GFS جهت را غربی ولی WRF شرقی نشان داده است. همچنین مطابق با این جدول بیشترین فاصله مرکز طوفان پیش‌بینی با مشاهده‌ای در نقشه‌های GFS مشاهده شده (تاریخ ۲۷-۱۰-۹۴ میزان ۱۱ کیلومتر) ولی به‌طور متوسط در کل طوفان‌ها فاصله مرکز طوفان در نقشه‌های GFS کمتر بوده یعنی مرکز طوفان پیش‌بینی شده در نقشه‌های GFS به مرکز طوفان مشاهده‌ای نزدیکتر بوده است.

جدول ۲- فاصله مرکز ثقل بارش مشاهداتی و پیش‌بینی‌های GFS و WRF و جهت جابجایی در

طوفان‌های منتخب در حوضه گاوستان

| تاریخ طوفان | GFS   |           | تاریخ طوفان | WRF      |     | تاریخ طوفان | GFS   |           | تاریخ طوفان |
|-------------|-------|-----------|-------------|----------|-----|-------------|-------|-----------|-------------|
|             | فاصله | جهت       |             | فاصله    | جهت |             | فاصله | جهت       |             |
| ۹۴-۰۸-۰۳    | ۳     | غربی      | ۴           | ۹۵-۰۹-۰۹ | ۱   | جنوب غربی   | ۹     | شرقی      | ۹۴-۰۸-۰۳    |
| ۹۴-۰۸-۱۴    | ۲     | غربی      | ۳           | ۹۵-۰۹-۲۲ | ۲   | غربی        | ۷     | شرقی      | ۹۴-۰۸-۱۴    |
| ۰۸-۲۴-۹۴    | ۷     | غربی      | ۱           | ۹۵-۰۹-۲۷ | ۷   | شرقی        | ۱۴    | شرقی      | ۰۸-۲۴-۹۴    |
| ۹۴-۰۹-۰۹    | ۴     | غربی      | ۳           | ۹۵-۱۰-۰۳ | ۵   | غربی        | ۲     | شمال غربی | ۹۴-۰۹-۰۹    |
| ۹۴-۱۰-۰۸    | ۱     | جنوب شرقی | ۶           | ۹۵-۱۱-۰۵ | ۱   | غربی        | ۷     | شرقی      | ۹۴-۱۰-۰۸    |





# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۴۰۳

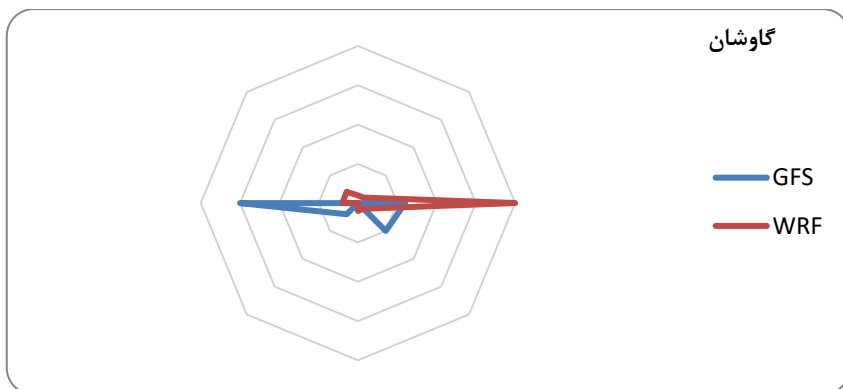


|          |    |           |   |           |          |   |           |   |       |
|----------|----|-----------|---|-----------|----------|---|-----------|---|-------|
| ۹۴-۱۰-۱۶ | ۱  | جنوب غربی | ۵ | شرقی      | ۹۵-۱۱-۲۴ | ۱ | جنوب شرقی | ۵ | شرقی  |
| ۹۴-۱۰-۲۷ | ۱۱ | غربی      | ۵ | شمال غربی | ۹۵-۱۲-۱۹ | ۲ | غربی      | ۱ | غربی  |
| ۹۴-۱۱-۰۲ | ۲  | غربی      | ۲ | شمال شرقی | ۹۵-۱۲-۲۵ | ۴ | غربی      | ۱ | شرقی  |
| ۹۴-۱۱-۰۳ | ۴  | شرقی      | ۵ | شرقی      | ۹۵-۱۲-۲۸ | ۱ | جنوب شرقی | ۴ | شرقی  |
| ۹۴-۱۲-۰۳ | ۲  | شرقی      | ۹ | شرقی      | ۹۵-۰۱-۰۱ | ۲ | غربی      | ۱ | جنوبی |
| ۹۴-۱۲-۲۳ | ۱  | جنوب شرقی | ۲ | شرقی      | ۹۵-۰۱-۱۰ | ۲ | شرقی      | ۴ | شرقی  |
| ۹۵-۰۱-۰۵ | ۴  | غربی      | ۵ | شرقی      | ۹۵-۰۲-۱۰ | ۲ | جنوب شرقی | ۲ | شرقی  |
| ۹۵-۰۱-۲۲ | ۲  | غربی      | ۳ | شرقی      | ۹۵-۰۲-۱۳ | ۲ | غربی      | ۱ | غربی  |
| ۹۵-۰۲-۱۷ | ۲  | شرقی      | ۳ | شرقی      |          |   |           |   |       |

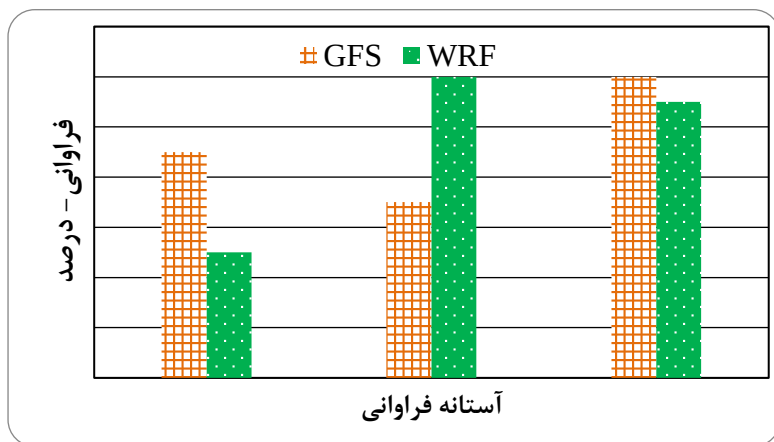
جدول ۳ میزان فراوانی جهت طوفان در طوفان‌های منتخب در حوضه مورد بررسی گاوشان را نشان می‌دهد. مطابق با این جدول نقشه‌های پیش‌بینی WRF مرکز طوفان را بیشتر در جهت شرقی نشان داده درحالی‌که نقشه‌های GFS بیشتر مرکز طوفان را غربی نشان داده‌اند. همچنین شکل ۳ نمودار توزیع فراوانی خطای جهت بارش در مجموع طوفان‌های منتخب در پیش‌بینی‌های WRF و GFS را نشان می‌دهد.

| جدول ۳ فراوانی جهت طوفان در طوفان‌های منتخب در حوضه گاوشان |           |       |           |      |           |       |           |      |
|------------------------------------------------------------|-----------|-------|-----------|------|-----------|-------|-----------|------|
| جهت مدل                                                    | جنوب شرقی | جنوبی | جنوب غربی | غربی | شمال غربی | شمالی | شمال شرقی | شرقی |
| WRF                                                        | ۱         | ۱     | ۰         | ۲    | ۲         | ۱     | ۱         | ۲۰   |
| GFS                                                        | ۵         | ۰     | ۲         | ۱۵   | ۰         | ۰     | ۰         | ۶    |





شکل ۳- نمودار جهت حرکت مرکز ثقل بارش مشاهداتی نسبت به مرکز ثقل پیش‌بینی‌های GFS و WRF در حوضه گاوشان



شکل ۴- توزیع فراوانی درصد خطای نسبی مقدار متوسط بارش پیش‌بینی شده توسط مدل‌های WRF و GFS

با توجه به شکل ۴ نتایج این بخش عملکرد نسبتاً بهتر مدل GFS در خطای متوسط و حداکثر بارش را نشان می‌دهد به این صورت که فراوانی خطای نسبی بالای ۵۰ درصد و کمتر از ۲۰ درصد مدل WRF به ترتیب بیشتر از مدل GFS می‌باشد. قابل توجه است که فراوانی خطای نسبی بین ۲۰ تا ۵۰ درصد در مدل GFS در حوضه آبروی گاوشان کمتر است.



شرکت مدیریت منابع آب ایران



## ۱۲. مراجع

1. Nutter, P. A. and Manobianco, J., (1999). Evaluation of the 29 –km Eta model, Part I: objective verification at three selected stations, Wea. Forecasting, 14, 5 –17.
2. Knierel, J. C., Ahijevych, D. A. and Manning, K. W., (2004). Using temporal modes of rainfall to evaluate the performance of a numerical weather prediction model, Monthly Weather Review, 132, 2995 –3009.
3. Davis, C., Brown, B., and Bullock, R., (2006). Object –based verification of precipitation forecast. Part I: Methodology and application to mesoscale rain areas, Monthly Weather Review, 134, 1772 –1784.
4. Zhang, J., Cheng, C., Liao, S., Wu, X., & Shen, J., (2009). Daily reservoir inflow forecasting combining QPF into ANNs model. Hydrology Earth System Science, No. 9(6), pp. 121 – 150.
5. Sodoodi, S., Noorian, A. and Reimer, M. G., (2010). Daily precipitation forecast of ECMWF verified over Iran, Theor Appl Climatol, 99, 39 –51.
6. Wetterhall et al., (2011). Effects of temporal resolution of input precipitation on the performance of hydrological forecasting
7. Juan Wu et al. (2014). Flood forecasts based on multi –model ensemble precipitation forecasting using a coupled atmospheric –hydrological modeling system
8. Wansik Yu, (2015). Improvement of rainfall and flood forecasts by blending ensemble NWP rainfall with radar prediction considering orographic rainfall
۹. آزادی، م.، قاضی سعید، م. و جعفری، س.، (۱۳۸۸). ارزیابی عملکرد مدل WRF برای پیش‌بینی بارش روی ایران به مدت یک ماه، دوازدهمین کنفرانس دینامیک شارها، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل.
۱۰. مزرعه‌فراہانی، م.، وظیفه، ا. و آزادی، م.، (۱۳۸۸). بررسی اثر تغییر تفکیک افقی مدل میان‌مقیاس MM5 در شبیه‌سازی بارش حاصل از سامانه همدیدی اکتبر ۲۰۰۴ روی ایران، م. فیزیک زمین و فضا، ۳۵ (۴)، ۱۳۱-۱۴۶.
۱۱. هدایتی دزفولی، ا. و آزادی، م.، ۱۳۸۹، راست آزمایی پیش‌بینی بارش مدل منطقه‌ای MM5 روی ایران، م فیزیک زمین و فضا، ۳۶ (۳)، ۱۱۵-۱۲۹.
12. Shirgholami, M., 2009, Post processing of WRF model's out put for precipitation in Iran, M.Sc. on Meteorology, Islamic Azad University, Science and Research branch. Department of Meteorology.
13. Taghizadeh, E., 2010, Evaluation of regional models HRM, MM5 and WRF precipitation forecasts over Iran, M.Sc. on Meteorology, Yazd University, Department of Physics.





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01560158

## مقایسه محصولات ماهواره TRMM با برون‌داد مدل WRF بارش‌های تابستانه شمال غرب ایران

صادق ضیائی<sup>۱\*</sup>، ابراهیم فتاحی<sup>۲</sup>، عباس رنجبر سعادت‌آبادی<sup>۳</sup>، مجید وظیفه دوست<sup>۴</sup>، مجید آزادی<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی دکتری هواشناسی، پژوهشکده هواشناسی و علوم جو؛ s.ziayan@yahoo.com

۲- دانشیار اقلیم‌شناسی، پژوهشکده هواشناسی و علوم جو.

۳- دانشیار هواشناسی، پژوهشکده هواشناسی و علوم جو.

۴- استادیار سنجش‌ازدور، دانشگاه گیلان.

۵- دانشیار هواشناسی، پژوهشکده هواشناسی و علوم جو.

### چکیده:

میزان بارش نقشی اساسی در وقوع سیل دارد. هرچه پیش‌بینی بارش از دقت بیشتری برخوردار باشد می‌توان سیل را نیز بهتر پیش‌بینی نمود. مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا نظیر WRF معمولاً در ساعت‌های ابتدایی اجرا، دارای خروجی‌های مناسب برای پیش‌بینی میزان بارش نیستند این امر در فصل تابستان در منطقه شمال‌غرب تشدید می‌گردد زیرا اغلب بارش‌های سنگین در این فصل به صورت همرفتی و در ابعاد مکانی و زمانی کوچک انجام می‌گیرد. استفاده از برون‌یابی محصولات ماهواره برای پیش‌بینی بارش کوتاه‌مدت تا ۲۴ ساعت می‌تواند روشی سودمند برای دستیابی به داده‌هایی با تفکیک و دقت بالا باشد. در این تحقیق دیدبانی‌های بارش بیش از ۲۰ میلی‌متر روزانه برای دوره تابستان ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ در شمال غرب کشور برای ارزیابی برون‌یابی محصولات ماهواره TRMM و مقایسه آن با خروجی پیش‌بینی عددی مدل WRF در شمال غرب کشور استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد استفاده از محصولات TRMM برای پیش‌بینی بارش تا ۲۴ ساعت در مقایسه با برون‌داد WRF دقت بیشتری دارد. همچنین بررسی کمی بیانگر بهبود حداقل ۲۱٫۵ درصد نتایج در RMSE و افزایش ۴ برابری ضریب همبستگی می‌باشد.

کلمات کلیدی: بارش، ماهواره TRMM، مدل WRF، دیاگرام تیلور و شمال غرب.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
info@ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir



## ۱- مقدمه

اصلی‌ترین دغدغه انسان از دیرباز شناخت نحوه تغییرات وضع هوا در زمان بوده است و اگر به نحوی به آینده گسترش یابد مفهوم پیش‌بینی و پیش‌یابی هوا شکل می‌گیرد. در بیست سال گذشته، پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای در پیش‌بینی هواشناسی حاصل شده است. این پیشرفت به دلیل امکان کاربرد اطلاعات بسیار زیاد از نقاط متعدد دنیا، درک بهتر از پدیده‌های جوی و تبادلات و گردش‌های جوی، بهبود حاصله در اجرای مدل‌ها، پیشرفت در پوشش حوزه‌ها به وسیله ابزارهای مختلف دیدبانی مانند رادار و ماهواره و قدرت رایانه‌ها و تجارب حاصله، به دست آمده است. بسیاری از بلایای طبیعی و از جمله سیل در مدت زمان کوتاه و در منطقه مکانی کوچک رخ می‌دهد. معمولاً پیش‌بینی‌های چند روزه دارای تفکیک مکانی کم می‌باشند و میزان بارش را نیز به دقت نمی‌توانند پیش‌بینی کنند. سرویس‌های خدمات عمومی مقابله با بحران نیازمند دقت بالای مکانی، زمانی و میزان بارش برای مقابله با سیل‌های احتمالی می‌باشند. این امر با دانش امروزی معمولاً در بازه‌های زمانی کمتر از ۱۲ ساعت امکان‌پذیر و در برخی از شرایط امکان‌ناپذیر است. مدل‌های عددی کنونی برای پیش‌بینی بارش در فاصله زمانی کمتر از ۱۲ ساعت با دقت بسیار خوب عمل نمی‌کنند. این امر در پیشرفته‌ترین کشورهای دنیا نیز به وقوع می‌پیوندد مانند سیل سال ۲۰۱۲ در شهر کریمسک<sup>۱</sup> در کشور روسیه ۱۷۲ نفر کشته بر جای نهاد و این نشان از ضعف علمی در پیش‌بینی رخدادهای حدی جوی مانند بارش‌های سنگین است. یکی از پارامترهای مهم و مؤثر در پیش‌بینی وقوع سیل، پیش‌بینی بارش می‌باشد. کشور ایران به لحاظ سیل‌خیزی در رتبه هفتمین کشور دنیا قرار گرفته است [۱]. امروزه سیستم‌های هشدار و پیش‌بینی سیل در کشورهای سیل‌خیز، نظیر چین دارای نقش حیاتی و پراهمیتی می‌باشد و کاهش ۹۹ درصدی تلفات جانی در سال ۱۹۹۷ نسبت به سال ۱۹۹۱ در بنگلادش، اهمیت استفاده از این سیستم‌ها را مشخص می‌کند. در این تحقیق هدف پیش‌بینی سیل نیست بلکه پیش‌بینی بارش‌های سنگین تابستانه است که عمدتاً در تابستان منجر به وقوع سیل به‌ویژه در شمال غرب کشور می‌گردد. در کشور ایران، در مدت چهل سال اخیر ۱۲۶ سیل مهم رخ داده است که میانگین سالیانه وقوع سیل، سی





سیل در سال می‌باشد بررسی‌ها نشان می‌دهد که روند سیل طی سال‌های اخیر در حال تشدید است، به گونه‌ای که مقایسه دوره‌های ۱۳۶۱ تا ۱۳۶۵ نسبت به سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۰ رشد ۴۰ درصدی وقوع سیل در کشور خبر می‌دهد [2]. این در حالی است که ۸۰ درصد مردم نسبت به سیل از آسیب‌پذیری بالایی برخوردار هستند.

مدل‌های پیش‌بینی عددی هواشناسی<sup>۱</sup> NWP برای پیش‌بینی وضع هوا استفاده می‌شود و در مقیاس‌های بزرگ زمان و مکان بکار می‌رود. از طرف دیگر پدیده‌های هواشناسی مانند طوفان‌های تندری اغلب در کوچکترین بعد زمانی از چند دقیقه تا چند ساعت و در یک مقیاس مکانی از چند صد متر تا چند کیلومتر توسعه می‌یابند. بنا به این دلایل خیلی روشن است که مدل‌های NWP ممکن است نتوانند با دقت کافی این نوع بارش‌ها را پیش‌بینی نمایند. پیش‌بینی عددی کنونی به دست می‌آید در بازه کوتاه‌مدت کمتر از ۶ ساعت پاسخ‌های مورد انتظار را نمی‌دهد. لذا استفاده از ابزارهای سنجشی دیگر و برون‌یابی آن‌ها اجتناب‌ناپذیر است از مهم‌ترین ابزارهای لازم که می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. کاربریست ماهواره‌ای هواشناسی است.

روش‌های پیش‌بینی کوتاه‌مدت معمولاً بر روی برون‌یابی توزیع بارش که توسط ابزارهایی مانند رادار و ماهواره هستند استوار است که با خروجی مدل‌های پیش‌بینی عددی در بزرگ و کوچک مقیاس و مشخصات محلی که به صورت پارامتریزه کردن یا به صورت آماری تهیه می‌شود متمرکز می‌گردد. [3] تلفیق داده‌های رادار، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و استفاده از خروجی مدل‌های NWP که شامل میدان‌های باد (برای تعیین فرارفت بارش) است برای افزایش دقت پیش‌بینی کوتاه‌مدت در هواشناسی انگلیس استفاده شد. گولدینگ در تحقیقات متعدد نشان دادند که تکنیک‌های پیش‌بینی کوتاه‌مدت با روش فوق که بر مبنای برون‌یابی خطی داده‌ها از یک رادار است می‌تواند پیش‌بینی‌های ماهرانه‌تری ارائه نماید [4] [5] [6].

از آنجا که تصاویر ماهواره‌ای می‌توانند علاوه بر مطالعه بارش در کل سطح یک منطقه، داده‌ها را در زمان واقعی و در مناطق دور از دسترس کسب کنند. [7]. می‌توانند در پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت بسیار تأثیرگذار باشند و با توجه به اینکه داده‌های باران سنجی رادار و کالیبراسیون آن بسیار گران و



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



پرهزینه می‌باشد و برای تعیین توزیع جهانی بارندگی مقرون به صرفه نیست. بنابراین تلاش‌هایی برای استفاده از امواج مادون قرمز<sup>۱</sup> و مرئی<sup>۲</sup> جهت تخمین بارندگی انجام شده است. امروزه ماهواره‌ها با بهره‌گیری از امواج میکروویو فعال و غیرفعال رادار و سنسورهای عمل‌گرا در نور مرئی و مادون قرمز قادر به تخمین بارش در مقیاس زمانی کوتاه‌مدت برای کل دنیا می‌باشند. ماهواره<sup>۳</sup> TRMM اولین ماهواره‌ای است که بارش را در سه بعد بررسی می‌کند: ۱- اندازه‌گیری شدت و توزیع باران ۲- تخمین عمق توفان ۳- اندازه‌گیری آب معادل ذوب برف. محققان به بررسی و معرفی بسته ماهواره‌ای TRMM پرداخته‌اند و در معرفی و شناخت داده‌های این ماهواره [8] خدمات ارزنده‌ای انجام داده‌اند. نتایج تحقیقات آن‌ها به‌عنوان راهنمای استفاده از داده‌های این ماهواره می‌تواند در اختیار بهره‌برداران قرار بگیرد. آن‌ها اعتقاد داشتند که این سیستم چند ماهواره‌ای متشکل از امواج میکروویو غیرفعال، رادار و امواج رادیو متری مرئی و مادون قرمز است که فعالیت آن پایش بارش، کالیبراسیون و تولید داده برای هرکدام از سنسورها است. این ماهواره برای مأموریت فضایی مشترک بین سازمان‌های فضایی و هوانوردی ملی آمریکا<sup>۴</sup> و آژانس اکتشافات هوا فضایی ژاپن<sup>۵</sup> طراحی شده و هدف آن نظارت و مطالعه بارش است. ماهواره TRMM در ۲۷ نوامبر ۱۹۷۷ در یک مدار تقریباً دایره‌ای در ارتفاع ۳۵۰ کیلومتری با یک زاویه میل ۳۵ درجه نسبت به استوا با دوره گردش زمانی ۹۱٫۵ دقیقه به فضا پرتاب شده است [9]. که پس از پرتاب این ماهواره چندین نگارش از داده‌ها تولید شده است. نگارش‌های مختلف TRMM در طول ۲ سال پس از پرتاب ماهواره مورد بررسی قرار گرفته و نشان داده شده است که نگارش ۴ این ماهواره به اندازه ۴۰ درصد با مقادیر بارش اندازه‌گیری‌های زمینی در منطقه گرمسیری مغایرت دارد که در نگارش ۵ این خطا کمتر شده و به ۲۴ درصد رسیده است [10].

نتایج مقایسه داده‌های بارندگی سنجنده میکروویو TRMM و بارش حاصل از رادار را نشان داد که رادار، داده‌های آب قابل بارش را بیشتر از TRMM در عرض‌های میانی و در فصل زمستان تخمین می‌زند و TRMM میزان حداکثر بارندگی را نسبت به رادار بیشتر تخمین می‌زند. [11] در خصوص

1 - Infrared (IR)

2 - Visible (VIS)

3 - Tropical Rainfall Measuring mission

4 - National Aeronautics and Space Administration, (NASA)

5 - Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)



تخمین‌های بارش‌های سنگین نتایج متفاوتی به دست آمده است. برای نمونه، نشان داده شده است که دقت عملکرد این ماهواره در پدیده‌های سنگین مانند بارندگی‌های شدید نسبت به پدیده‌های سبک و کم، بیشتر است [12]. تحقیق انجام شده در منطقه سین کیانگ نشان داد که تخمین بارندگی روزانه توسط ماهواره TRMM مناسب است [13]. در برخی پژوهش‌ها علاوه بر مقایسه داده‌ای بارش ماهواره‌ای و زمینی، اقدام به ارائه ضرایب تصحیح و کالیبراسیون داده‌های بارش ماهواره‌ای نیز شده است به عنوان مثال مقایسه بین داده‌ای بارندگی ماهانه و سالانه شبکه باران‌سنجی ایستگاه‌های زمینی و داده‌های بارندگی ماهواره TRMM در طول دوره آماری ۲۰۰۶ - ۱۹۹۸ دو الگو در دریای خزر و رشته‌کوه‌های زاگرس را نشان داد [14]. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که ضریب همبستگی پیرسون بین داده‌های بارندگی ایستگاه‌های همدیدی و داده‌های ماهواره‌ای در نواحی رشته‌کوه‌های زاگرس ۰/۸ و در دریای خزر و نواحی بیابانی ۰/۶ می‌باشد. در سال‌های اخیر پژوهش‌ها بر روی کاربرد داده‌ای TRMM در هیدرولوژی به منظور محاسبه رواناب و بیلان آب سوق داده شده است.

هدف اصلی این تحقیق افزایش صحت پیش‌بینی بارش در کوتاه‌مدت می‌باشد که می‌تواند با استفاده از داده‌های TRMM استفاده شود اگرچه فعالیت این ماهواره از ۱۵ آوریل ۲۰۱۵ قطع شده و GPM<sup>۱</sup> جایگزین آن شده است، ولیکن به دلیل دوره آماری که در آن مقایسه صورت گرفته است (سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵) از محصولات TRMM استفاده شده است. در این تحقیق مقایسه بارش مشاهده شده واقعی در ایستگاه‌های زمینی با بارش برآورد شده ماهواره TRMM و خروجی‌های مدل پیش‌بینی عددی WRF در منطقه شمال غرب کشور برای بارش‌های بیش از ۲۰ میلی‌متر در روز در نظر گرفته شده است.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران





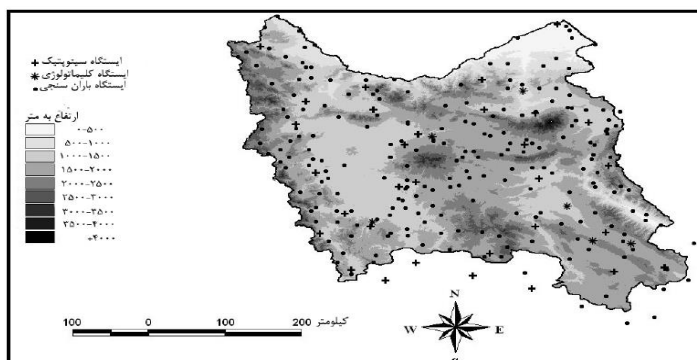
## ۲- مواد و روش‌ها

در این تحقیق بارش‌های تابستانه ناحیه شمال غرب ایران در معرض تحقیق قرار می‌گیرد. منظور از شمال غرب کشور پهنه‌ای است که استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل و زنجان را در بر می‌گیرد. این بخش از کشور ۱۲۷۳۹۴ کیلومترمربع مساحت و حدود ۷/۷ درصد از کل مساحت کشور را دارا می‌باشد. این پهنه دارای مختصات جغرافیایی زیر است.

$$E: 44^{\circ} 2' 5'' - 49^{\circ} 26' 27''$$

$$N: 35^{\circ} 32' 54'' - 39^{\circ} 46' 36''$$

متوسط ارتفاع شمال غرب کشور ۱۸۳۰ متر از سطح دریا است. بلندترین ارتفاع با بیش از ۴۵۰۰ متر بالاتر از سطح دریا است. ۴/۳۲٪ از مساحت پهنه مورد مطالعه در ارتفاع ۱۶۰۰-۲۰۰۰ متری از سطح دریا واقع شده است [15]. در منطقه مورد مطالعه ۵۶ ایستگاه سینوپتیک، ۶۹ ایستگاه اتوماتیک، ۱۲ ایستگاه اتوماتیک جاده‌ای و ۲۰۰ ایستگاه باران‌سنجی وجود دارد. همچنین می‌توان از ۲۷ ایستگاه از استان‌های مجاور استفاده کرد جدول 4. در شکل 17 علاوه بر موقعیت شمال غرب ایران (منطقه مورد مطالعه)، توزیع ارتفاعی، موقعیت ایستگاه‌های مورد بررسی نیز نمایش داده شده است. قدیمی‌ترین ایستگاه‌های شمال غرب، ایستگاه‌های تبریز و ارومیه هستند که در سال ۱۹۵۱ تأسیس شده و طولانی‌ترین دوره آماری را دارند. ایستگاه‌های دیگر از دوره آماری متفاوتی برخوردار می‌باشند.



شکل - 17 شبکه ایستگاه‌های موجود شمال غرب ایران



از بین ایستگاه‌های یاد شده با توجه به دوره آماری و کیفیت آمار موجود تعداد ۸۷ ایستگاه انتخاب شده و تحلیل‌ها بر روی این ایستگاه‌ها انجام گردید.

جدول ۴- انواع ایستگاه‌های موجود در منطقه

| استان          | سینوپتیک | اقلیم‌شناسی              | اتوماتیک | باران‌سنجی | جاده‌ای | جو بالا | جمع |
|----------------|----------|--------------------------|----------|------------|---------|---------|-----|
| اردبیل         | ۱۲       | ۰                        | ۱۱       | ۵۲         | ۴       | ۰       | ۷۹  |
| آذربایجان شرقی | ۱۹       | ۹                        | ۱۷       | ۱۰۲        | ۳       | ۱       | ۱۵۱ |
| آذربایجان غربی | ۱۸       | ۴                        | ۸        | ۱۲۴        | ۳       | ۰       | ۱۵۷ |
| زنجان          | ۷        | ۲                        | ۳۳       | ۲۴         | ۲       | ۰       | ۶۸  |
| جمع ایستگاه‌ها | ۵۶       | ۱۵                       | ۶۹       | ۲۰۰        | ۱۲      | ۱       | ۳۵۳ |
| قزوین          | ۹        | ==> ایستگاه‌های کمکی     |          |            |         |         |     |
| همدان          | ۱۰       |                          |          |            |         |         |     |
| کردستان        | ۸        |                          |          |            |         |         |     |
| جمع            | ۲۷       | ==> جمع ایستگاه‌های کمکی |          |            |         |         |     |

### ۳- داده‌ها

بازه زمانی مورد مطالعه سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ (۲۰۱۰ الی ۲۰۱۵) می‌باشد. داده‌های روزانه از ایستگاه‌های همدیدی، اقلیم‌شناسی و باران‌سنجی سازمان هواشناسی و سازمان آب در ۸۷ ایستگاه منطقه شمال غرب ایران جمع‌آوری گردید. بر اساس داده‌های ایستگاه زمینی ۴۱ مورد بارش‌های تابستانه بیش از ۲۰ میلی‌متر از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ در منطقه شمال‌غرب ایران به ثبت رسیده است این امر بیانگر تعداد زیاد بارش‌های سیل‌آسا در این منطقه از کشور می‌باشد. برای ۴۱ رویداد مذکور که در جدول ۵ نمایش داده شده است، تحقیقات لازم صورت گرفت.





جدول ۵- رویدادهای بارش بیش از ۲۰ میلی‌متر در تابستان بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴

| ردیف | سال  | ماه | روز | ردیف | سال  | ماه | روز | ردیف | سال  | ماه | روز | ردیف | سال  | ماه | روز |
|------|------|-----|-----|------|------|-----|-----|------|------|-----|-----|------|------|-----|-----|
|      | ۱۳۸۹ | ۴   | ۲۴  | ۱۱   | ۱۳۹۰ | ۶   | ۲۳  | ۲۱   | ۱۳۹۱ | ۴   | ۲۶  | ۳۱   | ۱۳۹۲ | ۵   | ۷   |
| ۲    | ۱۳۸۹ | ۴   | ۳   | ۱۲   | ۱۳۹۰ | ۶   | ۲۴  | ۲۲   | ۱۳۹۱ | ۴   | ۱۰  | ۳۲   | ۱۳۹۲ | ۶   | ۳۱  |
| ۳    | ۱۳۸۹ | ۴   | ۲۰  | ۱۳   | ۱۳۹۱ | ۴   | ۹   | ۲۳   | ۱۳۹۱ | ۴   | ۲   | ۲۳   | ۱۳۹۳ | ۴   | ۱۲  |
| ۴    | ۱۳۸۹ | ۴   | ۲۸  | ۱۴   | ۱۳۹۱ | ۴   | ۱   | ۲۴   | ۱۳۹۱ | ۵   | ۹   | ۲۴   | ۱۳۹۳ | ۴   | ۱۴  |
| ۵    | ۱۳۸۹ | ۶   | ۳   | ۱۵   | ۱۳۹۱ | ۴   | ۱۹  | ۲۵   | ۱۳۹۱ | ۶   | ۱۲  | ۳۵   | ۱۳۹۴ | ۴   | ۲۸  |
| ۶    | ۱۳۸۹ | ۶   | ۴   | ۱۶   | ۱۳۹۱ | ۴   | ۸   | ۲۶   | ۱۳۹۱ | ۶   | ۲۰  | ۳۶   | ۱۳۹۴ | ۶   | ۳   |
| ۷    | ۱۳۸۹ | ۶   | ۲۳  | ۱۷   | ۱۳۹۱ | ۴   | ۲۷  | ۲۷   | ۱۳۹۱ | ۶   | ۱۱  | ۳۷   | ۱۳۹۴ | ۶   | ۴   |
| ۸    | ۱۳۹۰ | ۴   | ۲۴  | ۱۸   | ۱۳۹۱ | ۴   | ۷   | ۲۸   | ۱۳۹۱ | ۶   | ۲۱  | ۳۸   | ۱۳۹۴ | ۶   | ۲۵  |
| ۹    | ۱۳۹۰ | ۴   | ۲۸  | ۱۹   | ۱۳۹۱ | ۴   | ۳۰  | ۲۹   | ۱۳۹۱ | ۶   | ۵   | ۳۹   | ۱۳۹۴ | ۶   | ۹   |
| ۱۰   | ۱۳۹۰ | ۴   | ۲۰  | ۲۰   | ۱۳۹۱ | ۴   | ۴   | ۳۰   | ۱۳۹۲ | ۴   | ۱۲  | ۴۰   | ۱۳۹۴ | ۶   | ۲   |
|      |      |     |     |      |      |     |     |      |      |     |     |      | ۱۳۹۴ | ۶   | ۷   |

در گام اول داده‌های سه ساعته بارش ماهواره TRMM، محصولات 3B42 V7 و 3B42RT از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵ از پایگاه سازمان فضایی آمریکا در روزهای مورد نظر و یک روز قبل و بعد از آن استخراج گردید. برون‌یابی داده‌ها با استفاده از روش برون‌یابی خطی بر اساس رابطه (۱) صورت گرفته که در آن  $R_{n+1}$  بارش گام پیش‌بینی،  $R_n$  بارش یک گام قبل از پیش‌بینی و  $R_{n-1}$  بارش دو گام قبل از پیش‌بینی است. فواصل گام‌های زمانی نیز سه ساعت یکبار می‌باشد.

$$R_{n+1} = R_n + \frac{(t_{n+1} - t_n)}{(t_n - t_{n-1})} (R_n - R_{n-1}) \quad (1)$$

برای مقایسه بارش شبکه داده‌های واقعی (ثبت شده در ایستگاه‌های زمینی) و بارش TRMM می‌بایست داده‌های بارش در ایستگاه‌های زمینی بر روی نقاط شبکه طراحی شده درون‌یابی شود. روش‌های میان‌یابی پرشمار و متنوع‌اند الگوریتم‌های متفاوتی برای درون‌یابی فضایی وجود دارد. تحقیقات متعددی برتری روش کریجینگ را بر سایر روش‌ها برای درون‌یابی در ایران نشان می‌دهند (اشرفی؛ قادر؛ اصفهانیان و متصدی، ۱۳۸۵) [16] [15] [17] [18]. لذا از این روش برای درون‌یابی بارش حاصل از ایستگاه‌های زمینی استفاده شد.



یکی از ابزارهای پرکاربرد در دنیا برای پیش‌بینی عددی وضع هوا  $WRF^1$  می‌باشد.  $WRF$  در سراسر دنیا بسیار محبوب می‌باشد و بیش از ۳۰ هزار کاربر در ۱۵۰ کشور جهان از آن استفاده می‌کنند. [19] . برای کاربری مدل  $WRF$  انتخاب‌های زیادی برای خواص فیزیکی و دینامیکی وجود دارد که کاربران برای استفاده بهینه از  $WRF$  می‌بایست آن‌ها را متناسب با وضعیت جغرافیایی محل، مقیاس و کاربرد تنظیم نمایند. [20] نتایج حاصل از ۲۶ حالت مختلف ترکیب طرح‌واره‌های مختلف کمولوس، لایه مرزی سیاره‌ای و میکروفیزیک در فصل تابستان با روش‌های مختلف راستی‌آزمایی برای منطقه شمالغرب ایران سنجیده شده‌اند. بهترین پیکربندی مدل پیش‌بینی عددی  $WRF$  برای بارش‌های تابستانه شمالغرب در مدل  $WRF$  استفاده از طرح‌واره‌های همرفت  $newer\ Tiedtke$ ، لایه مرزی سیاره‌ای  $Mellor-Yamada-Janjic$  و میکروفیزیک  $WSM3$  می‌باشد [21]. این مدل با دو تفکیک ۱۵ کیلومتر و ۵ کیلومتر برای ۴۱ رویداد بارشی مذکور اجرا گردید. نتایج حاصل از خروجی مدل  $GFS$  با تفکیک ۰٫۲۵ درجه طول و عرض جغرافیایی به‌عنوان داده‌های ورودی به مدل  $WRF$  بکار گرفته شد. خروجی‌های مدل  $GFS$  که در ساعت ۰۰ گرینویچ اجرا شده‌اند و تا ۴۸ ساعت ملاک عمل قرار گرفت.

محصولات  $TRMM$  نگارش ۷ از سال ۱۹۹۸ و از مسیر (<ftp://disc2.nascom.nasa.gov>) با تفکیک ۰٫۲۵ درجه در دسترس می‌باشند [22]. محصولات  $3B42$  و  $3B42RT$  به صورت سه ساعته تولید می‌شوند.

این داده‌ها از بازایی اندازه‌گیری‌های کالیبره شده ماکروویو و مادون قرمز  $TRMM$  با استفاده از الگوریتم  $TPMA^2$  به دست می‌آیند [23]. بعد از آنکه نگارش ۷ شروع به فعالیت کرد داده‌های  $AMSU^3$  را پوشش می‌داد.

الگوریتم  $TPMA$  داده‌های مادون قرمز را از ماهواره‌های زمین ثابت و مایکروویو پسیو  $PMW^4$  را که از منابع مختلف بازبینی شده‌اند، در چهار مرحله با هم ترکیب می‌کنند. ۱- تنظیم کردن و ترکیب کردن  $PMW$  متفاوت تخمین زده شده ۲- کالیبر کردن مادون قرمز تخمین زده شده توسط  $PMW$



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سواحل طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

1 - Weather Research and Forecasting (WRF) Model

2 - TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis

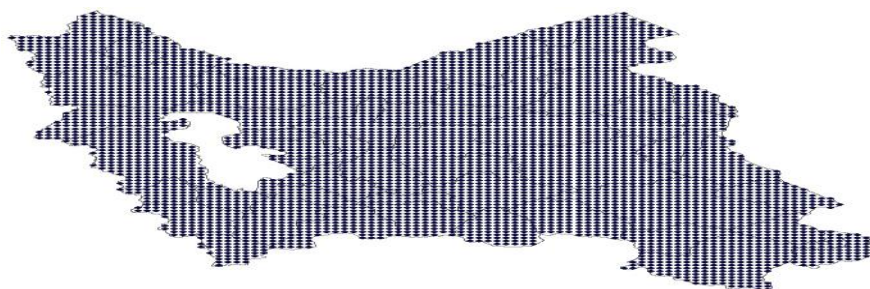
3 - Advanced Microwave Sounding Uni

4- Passive Microwave



برآورد شده ۳- ترکیب PMW و مادون قرمز برآورد شده و چهارمین مرحله مقیاس کردن دوباره به صورت تجمعی ماهانه است که در آن مشاهدات باران زمینی نیز به صورت غیرمستقیم برای تنظیم محصولات ماهواره ترکیبی دخالت داده شده و استفاده می‌شود. محصول 3B42 دو روز بعد از پایان هر ماه قابل دسترسی می‌باشد درحالی که محصولات 3B42RT که نزدیک به زمان حال حاضر است بعد از سومین مرحله بالا تولید می‌شود بنابراین از محصولات باران سنجی برای تنظیم داده‌های استفاده نمی‌کنند و بعد از چند ساعت قابل دسترسی می‌باشد. زیرا که فقط مادون قرمز و PMW را با هم ادغام می‌کنند. [24] [26] [25] [27] [22]

دو محصول ماهواره TRMM نگارش ۷ برای برآورد بارش 3B42 و 3B42RT برای ۴۱ رویداد مذکور استخراج شد. مقایسه نهایی به صورت شبکه‌ای بین دو محصول ماهواره TRMM و دو خروجی WRF و داده‌های زمینی انجام گرفت. بارش تخمین زده شده در یک شبکه ۵ کیلومتر در ۵ کیلومتر با داده‌های ایستگاه‌های زمینی که در این شبکه درون یابی شده بودند مقایسه گردید. این مقایسه با استفاده از دیاگرام تیلور صورت گرفت که شامل ضریب همبستگی، RMSE و انحراف معیار می‌باشد. شکل 18 نقاط گزید مقایسه‌ای با تفکیک ۵ کیلومتر در منطقه مورد مطالعه نمایش داده شده است.



شکل 18- نقاط گزید در شبکه ۵ کیلومتر در ۵ کیلومتر

نمودار تیلور به عنوان راهکاری برای نمایش بهتر و خلاصه‌وار مقایسه الگوها و مطابقت آن با مشاهدات طراحی شده است. [28] شباهت بین دو الگو معمولاً توسط همبستگی، مجذور مربعات اختلاف RMSE و دامنه تغییرات (که با انحراف معیار نشان داده می‌شود) سنجیده می‌شود. این نمودارها برای سنجش چند جانبه این مقادیر بسیار سودمند هستند. و تمام این موارد را در یک



نمودار خلاصه می‌کنند. به‌طور کلی نمودار تیلور مشخصه‌های آماری ارتباط بین دو فیلد، یکی آزمایش (که معمولاً مدلی برای نشان دادن واقعیت است) و دومی حقیقت (که معمولاً اندازه‌گیری‌ها و مشاهدات می‌باشند) را نشان می‌دهد. هر نقطه در روی نمودار تیلور قادر است سه مشخصه آماری همبستگی، RMS و انحراف معیار را همزمان نشان دهد. که این مشخصه‌های آماری توسط رابطه (۲) به هم مربوط می‌شوند:

$$E'^2 = \sigma_f^2 + \sigma_o^2 - 2\sigma_f\sigma_oR \quad (2)$$

که R ضریب همبستگی بین آزمایش و حقیقت است و E' همان RMS می‌باشد.  $\sigma_o^2$  و  $\sigma_f^2$  واریانس‌های آزمایش و واقعیت می‌باشند. ساختار نمودار براساس رابطه (۳) بالا و قانون کسینوس‌ها مطابق رابطه زیر است:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2(ab) \cos \phi \quad (3)$$

اگر میدان مورد نظر از مدل را با f و دیدبانی متناظر آن را با o نشان دهیم روابط ضریب همبستگی R، مقدار RMS را با E' و انحراف معیار فیلد آزمایش را با  $\sigma_f$  و انحراف معیار فیلد واقعی یا مرجع را با  $\sigma_o$  نشان دهیم روابط زیر را داریم:

$$R = \frac{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (f_n - \bar{f})(o_n - \bar{o})}{\sigma_f \sigma_o} \quad (4)$$

$$E'^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [(f_n - \bar{f}) - (o_n - \bar{o})]^2 \quad (5)$$

$$\sigma_f^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (f_n - \bar{f})^2 \quad (6)$$

$$\sigma_o^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (o_n - \bar{o})^2 \quad (7)$$

ارزیابی داده‌های بارش ایستگاهی با استفاده از روش‌های RMSE، ضریب همبستگی و نمودار تیلور نشان می‌دهد که نمودار تیلور به دلیل ارائه تصویری جامع‌تر از رابطه هندسی بین RMSE،





ضریب همبستگی و انحراف معیار سری داده‌ها، نسبت به سایر روش‌های تک متغیره نظیر RMSE مناسب‌تر عمل می‌کند. [29]

#### ۴- نتایج و بحث

داده‌های ماهواره TRMM به دو صورت 3B42 و 3B42RT برای تمام نقاط شبکه طراحی شده و در ۴۱ رویداد تابستانی که در هر رویداد بارش بیش از ۲۰ میلی‌متر در حداقل یک ایستگاه منطقه اتفاق افتاده است برای ۲۴ ساعت بعد برون‌یابی استخراج و با دیدبانی‌های متناظر مقایسه شدند. همین کار برای خروجی مدل WRF با دو تفکیک افقی ۵ و ۱۵ کیلومتر انجام شد. در هر رویداد (از ۴۱ رویداد) بیش از ۴۱۵۰ نقطه مورد مقایسه قرار گرفت که در مجموع در این مقایسه ۱۷۰۲۹۲ نمونه مورد آزمایش قرار گرفته است. محاسبه RMSE برای این مدل‌ها در جدول ۶ آمده است. مطابق این جدول نشان داده می‌شود که برای پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت کمتر از ۲۴ ساعت محصول 3B42 بهتر از مدل‌های عددی نتیجه می‌دهد. و همچنین محصول 3B42RT نیز بهتر از مدل عددی پیش‌بینی وضع هوا نتیجه می‌دهد. در مقایسه دو محصول TRMM می‌توان گفت که 3B42 بهتر می‌تواند بارش را شبیه‌سازی کند.

جدول ۶- مقادیر RMSE حاصل از مقایسه مدل‌های مختلف با مقادیر واقعی

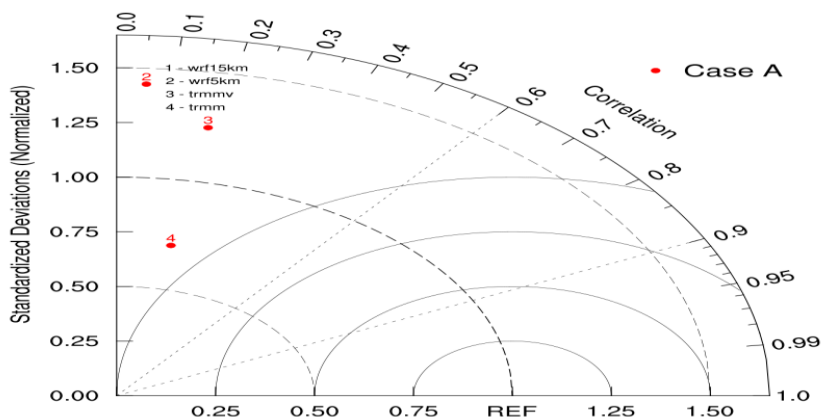
| ردیف | مدل                         | نماد    | RMSE |
|------|-----------------------------|---------|------|
| ۱    | مدل WRF با تفکیک ۱۵ کیلومتر | Wrf15km | ۶/۸۶ |
| ۲    | مدل WRF با تفکیک ۱۵ کیلومتر | Wrf5km  | ۵/۵۸ |
| ۳    | محصول 3B42 ماهواره TRMM     | Trmmv   | ۴/۳۸ |
| ۴    | محصول 3B42RT ماهواره TRMM   | Trmm    | ۴/۹۹ |

نتیجه مقایسه نمودار تیلور در شکل ۱۹ رسم شده است. نمادهای بکار رفته برای مدل‌ها در این شکل همان نمادهایی است که در جدول ۶ آمده است. در این نمودار داده‌های دیدبانی در نقطه REF قرار دارد. در روی محور عمودی سمت چپ مقدار انحراف از معیار قرار دارد. و در روی محور کمائی سمت راست مقادیر همبستگی درج شده است خطوط نقطه چین که از محل تلاقی محور عمودی سمت چپ و محور افقی به سمت کمان سمت راست کشیده شده است میزان همبستگی رانشان می‌دهد. خطوط ممتد نیم دایره مقادیر RMSE می‌باشد. هر مدل در این نمودار با یک





نقطه نشان داده شده است. هرچه نقطه معرف مدل به مرکز REF نزدیکتر باشد یعنی آن مدل شبیه سازی بهتری نسبت به واقعیت ارائه می‌کند. با توجه به اینکه نوع بارش‌های تابستانه است که به صورت همرفتی و نقطه‌ای در منطقه شمالغرب اتفاق می‌افتد. لذا یافتن یک مدل جامع برای نمایش اینگونه بارش‌ها بسیار سخت می‌باشد. از این رو همانگونه که از شکل 19 نیز پیداست همه مدل‌ها ضریب همبستگی قوی با داده‌های واقعی ندارند ولی به هر صورت می‌توان دریافت که برای پیش‌بینی‌های کوتاه مدت کمتر از ۲۴ ساعت مدل‌های شماره ۳ و ۴ که نماینده محصولات ماهواره TRMM هستند بهتر از خروجی‌های مدل عددی بارش واقعی را شبیه‌سازی می‌کنند. در این نمودار خروجی حاصل از مدل عددی پیش‌بینی وضع هوای WRF با تفکیک ۵ کیلومتر نتایج بهتری از خروجی مدل WRF با تفکیک ۱۵ کیلومتر دارد. خروجی مدل WRF با تفکیک ۱۵ کیلومتر آنقدر از واقعیت دور است که در محدوده نمودار نیز جای نگرفته است. بهترین مدل منطبق با واقعیت بر اساس یافته‌های این تحقیق محصول 3B42 TRMM می‌باشد. همانگونه که تشریح شد این محصول پس از دریافت داده‌های باران‌سنجی از ایستگاه‌های زمینی تولید می‌شود. لذا طبیعتاً می‌بایست خروجی‌های بهتری نسبت به مدل 3B42RT داشته باشد که این امر در شکل 19 و جدول 6 کاملاً مشهود است.



شکل 19- نمودار تیلور برای بررسی میزان راستی آزمایشی مدل‌ها



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



## ۵- نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر دقت داده‌های بارش ماهواره TRMM و خروجی مدل WRF در منطقه شمال غرب کشور برای بارش‌های موردی و بیش از ۲۰ میلی‌متر تابستانه مورد ارزیابی قرار گرفت. در پیش‌بینی‌های کمتر از ۲۴ ساعت که خروجی‌های مدل عددی پیش‌بینی وضع هوا نتایج خوبی ارائه نمی‌کنند می‌توان با برون‌یابی محصولات TRMM به پیش‌بینی بهتری برای کوتاه‌مدت دست یافت. نتایج بررسی دیاگرام تیلور برتری محصولات ماهواره نسبت به مدل WRF را به وضوح نشان می‌دهد. چنانچه بتوان با استفاده از الگوریتم TMPA که در تهیه محصولات 3B42RT و 3B42 بکار می‌رود با روش برون‌یابی استفاده نمود می‌توان پیش‌بینی‌های بهتری از بارش‌های تابستانه در منطقه شمال‌غرب دست یافت. اگرچه تا رسیدن به مدلی برای پیش‌بینی بسیار دقیق این پدیده در این فصل فاصله زیادی وجود دارد. ولیکن این تحقیق نشان می‌دهد با استفاده از داده‌های ماهواره که به هنگام می‌باشد می‌توان نقشه بارش در منطقه شمال غرب در کمترین فاصله زمانی در اختیار کاربران قرار بگیرد. با توجه به اینکه از سال ۲۰۱۵ محصولات ماهواره‌ای GPM جایگزین TRMM شده است. پیشنهاد می‌گردد تا در تحقیقات تکمیلی مقایسه‌ای بین این محصولات انجام بگیرد.





## ۶- مراجع

۱. نوحه‌گر. (۱۳۹۱)، "بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر پتانسیل سیل خیزی (مطالعه موردی حوزه آبخیز تنک بستانک شیراز)"، فصلنامه علمی - پژوهشی پژوهش‌های فرسایش محیطی، ص ۲۸-۴۱.
۲. محمدی، ب و مسعودیان. (۱۳۹۱)، "تحلیل هم‌دید بارش‌های سنگین ایران مطالعه موردی: آبان ماه"، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۱، ص ۴۷-۷۰.
3. AUSTIN G. L. and A. BELLON, (1974). The Evaluation of Two Years of Real Time Operation of a Short-Term-Precipitation Forecasting Procedure, APPLIED METEOROLOGY.
4. Conway and Browning. (1988). Weather Forecasting by Interactive Analysis of Radar and Satellite Imagery, Philosophical Transactions of The Royal Society A Mathematical Physical and Engineering Sciences.
5. Golding B. W. (1990). The Meteorological Office mesoscale model, Meteorol. Mag., vol. 119, pp. 81-96.
6. Golding B. W. (1995). Report on the second Nimrod trial. Met. Office FR-Div Tech, Rep. No. 178. Unpublished report available from the National Meteorological Library, London Road, Bracknell, Berks RG12 2SZ, UK.
7. Hudlow. M. D. (1979). Mean rainfall patterns for the three phase of Gate, Journal of Applied Meteorology, 18, pp. 1656-1669.
8. Kummerow C., W. Barnes and T. Kozu. (1998). The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Sensor Package, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology.
9. Huffman G. and D. T. Bolvin. (2012). TRMM and other data precipitation data set documentation, Laboratory for Atmospheres, NASA Goddard Space Flight Center and Science Systems and Applications.
10. Kummerow C., W. Barnes and J. Simpson. (2000). The status of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) after two years in orbit, pp. 1965-1982.
11. Masunaga H., T. Iguchi, R. Oki and M. Kachi. (2002). Comparison of rainfall products derived from TRMM Microwave Imager and precipitation radar, Appl. Meteorol, pp. 849-862.
12. Huffman G. j. and R. F. Adler. (2007). The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasiglobal, multiyear, combined-sensor precipitation estimates at fine scales, Hydrometeorol, pp. 38-55, 2007.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



13. Li X. H., Q. Zhang and C. Y. Xu. (2012). Suitability of the TRMM satellite rainfalls in driving a distributed hydrological model for water balance computations in Xinjiang catchment, Poyang lake basin, Hydrol, pp. 28 – 38.
14. Javanmard S., A. Yatagai, M. Nodzu and J. BodaghJamali. (2010). Comparing high –resolution gridded precipitation data with satellite rainfall estimates of TRMM 3B42 over Iran, Advances in Geosciences, p. 119 125.
۱۵. عساکره ح، ر. رزمی. (۱۳۹۰). تحلیل ناهنجاری‌های بارش شمال غرب ایران طی دهه‌های اخیر، مجله علمی و فنی نیوار، شماره ۷۴ و ۷۵.
۱۶. عباسی جندانی و ع. طالبی. (۱۳۹۵). بررسی تأثیر زمان وقوع رگبار بر اولویت‌بندی عوامل مؤثر در فرسایش با استفاده از آنالیز حساسیت مدل WEPP، مرتع و آبخیزداری، ص ۱۲۵-۱۴۰
۱۷. صفتی ز، م. انصاری. (۱۳۹۳). ارزیابی روش‌های زمین‌آمار مبتنی بر GIS در پهنه‌بندی مکانی میانگین بارش سالانه در استان بوشهر، همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی سنجش‌ازدور (GIS) در آمایش سرزمین.
۱۸. ثقفیان ب. ه. رزمخواه و ب. قمرز چشمه. (۱۳۹۰). بررسی تغییرات منطقه‌ای بارش سالانه با کاربرد روش‌های زمین‌آمار، مجله مهندسی منابع آب، ص ۲۹-۳۸
19. WEATHER RESEARCH AND FORECASTING MODEL. (2016).  
<https://www.mmm.ucar.edu/weather-research-and-forecasting-model>.
20. Evans J. P., M. Ekstrom and F. Ji. (2011). Evaluating the performance of a WRF physics ensemble over South –East Australia, Climate Dynamics.
21. Zeyaeyan S., E. Fattahi, A. Ranjbar, M. Azadi and M. Vazifiedoust. (2017). Evaluating the Effect of Physics Schemes in WRF Simulations of Summer Rainfall in North West Iran, vol. 5, no. MDPI, p. 48.
22. Huffman G. R., R. F. Adler, D. T. Bolvin, G. Gu, E. J. Nelkin, K. P. Bowman, Y. Hong, E. F. Stocker and D. B. Wolff. (2007). The TRMM Multi –satellite Precipitation Analysis: Quasi – Global, Multi –Year, Combined –Sensor Precipitation Estimates at Fine Scale, J. Hydrometeor, vol. 8 (1), pp. 38 –55.
23. Chiu L. S., Z. Liu, J. Vongsaard, S. Morain, A. Budge, P. Neville and C. Bales. (2006). Comparison of TRMM and water district rain rates over New Mexico. vol. 23, pp. 1 –13.
24. Ruifang G. and L. Yuanbo. (2016). Evaluation of Satellite Precipitation Products with Rain Gauge Data at Different Scales: Implications for Hydrological Applications, vol. 8 (7), no. MDPI, p. 281.



25. Huffman G. J., R. F. Adler, P. Arkin, A. Chang, R. Ferraro, A. Gruber, J. Janowiak, A. McNab, B. Rudolph and U. Schneider. (1997). The Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Combined Precipitation Dataset, vol. 78, pp. 5–20.
26. Huffman G. R., R. F. Adler, B. Rudolph, U. Schneider and P. Keehn. (1995). Global Precipitation Estimates Based on a Technique for Combining Satellite–Based Estimates, Rain Gauge Analysis, and NWP Model Precipitation Information, vol. 8, pp. 1284–1295.
27. Huffman G. J., R. F. Adler, D. T. Bolvin and E. J. Nelkin. (2010). The TRMM Multi–satellite Precipitation Analysis (TMPA). Chapter 1 in Satellite Rainfall Applications for Surface Hydrology, pp. 3–22.
28. Taylor K. E. (2001). Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram, J. Geophys. Res, pp. 7183–7192.
۲۹. عزیزی ق، ط. صفراد، ح. محمدی وح. فرجی سبکیار. (۱۳۹۵). ارزیابی و مقایسه داده‌های بازکاوی شده بارش جهت استفاده در ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۸، شماره ۱، ص ۳۳–۴۹.
30. Sura P. (2012). Stochastic Models of climate Extremes: Theory and Observations. Extremes in a Changing Climate–Detection, Analysis and Uncertainty Springer–Verlag, Department of Earth Ocean and Atmospheric Science The Florida State University, pp. 1–75.
۳۱. تقوی ف، م. ناصری، ب. بیات، س. س. متولیان ود. آزادی فرد. (۱۳۹۰). تعیین الگوهای رفتار اقلیم در مناطق مختلف ایران براساس تحلیل طیفی و خوشه‌بندی مقادیر حدی بارش و دما، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی دانشگاه تهران، ص ۱۰۹–۱۲۴.
32. Ahsan, Uddin, Ahmed, J. V. Revadekar, L. S. Madan and K. Premalal. (2009). Final report for APN project, ARCP2008–10CMY–Sheikh.
۳۳. رحیم زاده ف.، م. هدایت دزفولی، آ. پور اصفریان و عسگری. (۱۳۸۶). ارزیابی روند و جهش نمایه‌های حدی دما و بارش در استان هرمزگان، جغرافیا و توسعه، ص ۹۷–۱۱۶.
34. D. R. Easterling, G. A. Meehl, C. Parmesan, S. A. Changnon, T. R. Karl and L. O. Mearns. (2000). Climate Extremes, Observations, Modeling, and Impacts, Science, vol. 289, pp. 2068–2074.
35. M. J. Manton, P. M. Della–marta, M. R. Haylock, K. J. Hennessy, N. Nicholls, L. E. Chambers, D. A. Collins, G. Daw, A. Finet, D. Gunawan, K. Inape, H. Isobe, T. S. Kestin, P. Lefale, C. H. Leyu, T. Lwin, L. Maitrepierre, N. Ouprasitwong, C. M. Page, J. Pahalad, N. Plummer, M. J.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



مؤسسه تحقیقات آب



شرکت مدیریت منابع آب ایران



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

Salinger, R. Suppiah, V. J. Tran, B. Trewin, I. Tibig and D. Yee. (2001). Trend in Extreme Daily Rainfall and Temperature in Southeast Asia and South Pacific, *Int. J. Clim*, vol. 21, pp. 269–284.

36. Klein T. A. and M. G. Konnen. (2003). Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, *Journal of Climate*, vol. 16, pp. 3665–3680.

37. Houghton J. T., Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. Van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C. A. Johnson. (2001). IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis.

38. Folland C. K., T. R. Karl, J. R. Christy, G. V. Clarke, G. V. Gruza, J. Jouzel, M. E. Mann, J. Oerlemans, M. J. Salinger and S. W. Wang, (2001). Climate Change 2001 The Scientific Basis, "IPCC.

39. Gleason K., J. H. Lawrimore, D. H. Levinson, T. R. Karl and D. J. Karoly. (2007). A Revised U.S. Climate Extremes Index, *JOURNAL OF CLIMATE*, vol. 21, p. 2124.

40. Hansen J., M. Sato, R. Ruedy, A. Lacis and V. Oinas. (2000). Global warming in the twenty-first century: An alternative scenario, *Proc Natl Acad Sci U S A*, pp. 9875–9880.

41. Hansen J., M. Sato and R. Ruedy. (2012). Perception of climate change, "Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America", vol. 109, pp. E2415–E2423.

42. UK. Metoffice. (2016). <http://www.metoffice.gov.uk/guide/weather/warnings>. MET ÉIREANN, <http://www.met.ie/nationalwarnings/warnings-explained.asp>.

43. Hwang C. L. and K. Yoon. (1981). Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, "New York: Springer-Verlag.

44. Yoon K. (1987). A reconciliation among discrete compromise situations, "Journal of Operational Research Society", vol. 38, pp. 277–286.

45. Hwang C. L., Y. J. Lai and T. Y. Liu. (1993). A new approach for multiple objective decision making, "Computers and Operational Research", vol. 20, pp. 889–899.

۴۶. قانقرمه‌ع. و غ. روشن. (۱۳۹۴). کاربرد شاخص TOPSIS در پایش خشکسالی‌ها و ترسالی‌های استان گلستان، *فیزیک زمین و فضا*، ص ۵۳۶–۵۴۷.

47. Assari A., T. Mahesh and E. Assari. (2012). Role of public participation in sustainability of historical city: usage of TOPSIS method, *Indian Journal of Science and Technology*, pp. 2289–2294.

48. Wang Y. M. and T. M. Elhag. (2006). Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment, *Expert Systems and Applications*, vol. 31, pp. 309–319.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

49. Wang T. C. and T. H. Chang, (2007). Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under fuzzy environment, Expert Systems and Applications, vol. 33, pp. 870–880.
50. Chen Y., K. W. Li and S. Liu. (2011). An OWA–TOPSIS method for multiple criteria decision analysis, Expert Systems with Applications, vol. 38, pp. 5205–5211.
51. Greene R., R. Devillers, J. E. Luther and B. G. Eddy. (2011). GIS–based multi–criteria analysis, Geography Compass, pp. 412–432.
52. Yoon K. P. and C. Hwang. (1995). Multiple Attribute Decision Making: An Introduction, California: SAGE publications.
53. Zavadskas E. K., A. Zakarevicius and J. Antucheviciene. (2006). Evaluation of Ranking Accuracy in Multi–Criteria Decisions, Informatica, vol. 17, pp. 601–618.
54. IPCC. (2001). [http://www.grida.no/publications/other/ipcc\\_tar/?src=/climate/ipcc\\_tar/wg1/317.htm#fig84](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/climate/ipcc_tar/wg1/317.htm#fig84).
55. Murphy A. H. and R. L. Winkler. (1987). A GENERAL FRAMEWORK FOR FORECAST VERIFICATION, MONTHLY WEATHER REVIEW, vol. 115, pp. 1330–1338.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش های راه آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir



۲۲ و ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۶ / سالن همایش‌های  
راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی



پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

**5TH** [WWW.IFMC.IR](http://WWW.IFMC.IR)  
13-14 November 2017  
**COMPREHENSIVE CONFERENCE ON**  
**FLOOD** **ENGINEERING**  
**AND**  
**MANAGEMENT**

کد اختصامی ثبت همایش در  
پایگاه SC: ۹۶۱۷۵-۹۲۴۰۳

---

بخش دوم: مقالات پوستری



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش های راه آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
♦ www.ifmc.ir



HN-00070003



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

## نقش پهنه‌بندی به روش درون‌یابی جبری در مدیریت تصمیم در مواقع حوادث آبی؛ مطالعه موردی: شهرستان باغ‌ملک (خوزستان)

محمد رضا مهری کلی

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت منابع آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی؛  
mohammadrezaa.mehri@gmail.com

### چکیده:

مطالعات مربوط به حوضه و حوزه آب ریز شهرستان باغ‌ملک واقع در شرق استان خوزستان، شامل اطلاعات، ابعاد هندسی اراضی موجود در لایه‌های گوناگون، در چند بخش پیش‌پردازش، میان‌پردازش و پس‌پردازش و به‌طور کلی پردازش رقومی تصاویر تهیه گردیده است؛ لکن، اقداماتی هم چون: تبدیلات نقاط رقومی به فضای رستری (سلولی)، تفکیک و تجزیه داده‌ها از محدوده کلی نقشه به دو سبک Split, Clip، آماده‌سازی فضای D.E.M به کمک Project, projection and fine در نهایت تهیه اسکلت و آناتومی فیزیکی و موجود حوضه حوزه ناحیه نام برده صورت گرفته است. هم‌چنین نقاط و طرح مربوطه در فضای گوگل مپ زمین مرجع گردید؛ پهنه‌بندی ناحیه ALE از روش درون‌یابی جبری استفاده گردیده است. روش مطرح شده مناسب تصمیم‌سازی جهت مدل‌سازی مفهومی در مواقع حوادث آبی است.

**کلمات کلیدی:** پهنه‌بندی، درون‌یابی جبری، میان‌یابی زمین‌آماري، کاداستر.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00100125

## کاربرد تکنیک‌های تعیین تغییرات در سنجش ازدور جهت برآورد محدوده سیلاب: منطقه کنارک در جنوب استان سیستان و بلوچستان

مهدیه خسروی<sup>۱</sup>، چترودی<sup>۱</sup>، رضا حسن‌زاده<sup>۲</sup>، نازنین فراشاهی<sup>۱</sup>، آنا نیکویی<sup>۱</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش ازدور زمین‌شناختی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان.

۲- استادیار گروه اکولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان؛ R.Hassanzadeh@kgut.ac.ir



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

### چکیده:

در این مقاله محدوده سیل و آب‌گرفتگی زمین با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و تکنیک‌های پردازش تصویر در منطقه کنارک در بخش جنوبی استان سیستان و بلوچستان ارزیابی شده است. سیل در اثر طغیان آب و به زیر آب رفتن گستره‌ای از زمین رخ می‌دهد و باعث ایجاد خسارات مالی و جانی زیانباری می‌گردد. برآورد میزان خسارت ناشی از سیل و محدوده آب‌گرفتگی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای امری بسیار کارامد می‌باشد. در این تحقیق ابتدا تصاویر لندست ۸ (OLI) قبل و بعد وقوع سیل در منطقه تصاویر گردآوری شد و سپس با استفاده از تکنیک‌های تعیین تغییرات در نرم‌افزار ENVI میزان تغییرات و محدوده آب‌گرفتگی ناشی از سیل در منطقه شناسایی و تعیین حریم گردید و در نهایت با استفاده از نرم‌افزار GIS وسعت آب‌گرفتگی را محاسبه شد. کاربرد تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های پردازش تصویر از سریع‌ترین و کم‌هزینه‌ترین راه‌های شناسایی مناطق خسارت دیده و یاری رساندن مدیران و کارشناسان در امر تخصیص منابع و کمک به آسیب دیدگان می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** رخداد سیلاب، مناطق شهری و روستایی، سنجش ازدور، روش تعیین تغییرات، تصاویر لندست (OLI).

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦♦♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir ♦♦♦  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



HN-00270092

## نقش بندهای مشبک (سرشاخه گیر) در مدیریت سیلاب شهری؛ مطالعه موردی: حوزه آبخیز کاظم رود (شهرستان عباس آباد)

قربانعلی خدایی<sup>۱</sup>، زهرا ابراهیمی گت کش<sup>۲</sup>

۱- کارشناس ارشد مهندسی جنگل، رئیس اداره کنترل سیلاب و آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی مازندران -

نوشهر؛ Gh.khodaei1@gmail.com

۲- کارشناس ارشد آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی مازندران - نوشهر؛ Zebrahimi2009@yahoo.com

### چکیده:

مدیریت سیلاب‌های شهری به عنوان یکی از محورهای مهم آبخیزداری شهری با هدف ارائه الگوها و استانداردهای مناسب با تأکید بر حفظ محیط‌زیست شهری، از اهمیت بالایی برخوردار است. امروزه یکی از معضلات حوزه‌های آبخیز جنگلی در استان مازندران علی‌الخصوص غرب مازندران ریشه‌کن شدن درختان حاشیه رودخانه و غوطه‌وری آن‌ها در مسیل آبراهه‌ها و رودخانه‌ها در زمان سیلاب می‌باشد که نتیجتاً باعث مسدود شدن دهانه ابنیه‌ی فنی پایین‌دست گردیده و درنهایت موجب بالا آمدن سطح آب و ایجاد سیل در حاشیه رودخانه و سطح شهرها و روستاها را در بر داشته است. لذا جهت کنترل سیلاب بر روی خروجی رودخانه‌های مشرف به دشت اقدام به احداث بند مشبک بتنی مسلح تحت عنوان سرشاخه گیر می‌نمایند. احداث سرشاخه گیر کاظم رود علاوه بر کنترل سیلاب، به خاطر داشتن حجم مخزن مناسب سبب تجمع سرشاخه و تنه درختان که بر اثر سیلاب در سطح رودخانه غوطه‌ور هستند و همچنین حجم زیادی از رسوبات ریزدانه و درشت‌دانه و حتی سنگ‌های بزرگ که به عنوان آورد سیلابی می‌باشند را در پشت‌بند جمع، مانع از حمل آن‌ها در پایین‌دست می‌گردد که نمونه بارز آن در سیلاب تابستان ۹۴ بیش از ۲۰۰ هزار مترمکعب فقط شن و ماسه و حجم زیادی از چوب آلات و درختان ریشه‌کن شده در پشت مخزن جمع شده که پس از فرونشست سیلاب مورد بهره‌برداری قرار گرفته که در صورت نبود چنین سازه‌ای می‌بایستی تمام رسوبات و سرشاخه درختان معلق در سیلاب باعث مسدود شدن دهانه پل‌ها گردیده در نتیجه باعث انحراف آب و وقوع مخاطرات ناشی از آن در طول مسیر رودخانه





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

می‌گردید. لذا در این پژوهش نقش و اهمیت بند سرشاخه گیر به عنوان سازه‌ای جهت مدیریت سیلاب شهری و اثرات آن در سیل اتفاق افتاده در سال ۹۴ مورد بررسی قرار گرفته است.

**کلمات کلیدی: سیلاب، آبخیز جنگلی، سرشاخه گیر، مخزن بند.**



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش های راه آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir ♦ www.ifmc.ir



HN-00330110



## بررسی کفایت مخازن نگهداشت رواناب برای آبیاری فضای سبز حوضه آبریز آب و برق با استفاده از نرم‌افزار ASSA

نغمه رحیمی<sup>۱\*</sup>، فرهاد خام‌چین مقدم<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.

۲- استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.

### چکیده:

امروزه با پیشرفت و گسترش شهرها و توسعه حریم آن‌ها و همچنین گسترش سطوح آسفالتی، مناطق غیر قابل نفوذ در سطح شهرها افزایش یافته و موجب افزایش حجم و سرعت انتقال رواناب حاصل از بارش گردیده است. همچنین این موضوع باعث کاسته شدن از میزان آب‌های نفوذی به سفره‌های آب زیرزمینی شده است. هدف از این تحقیق، شبیه‌سازی نحوه عملکرد سیستم زهکشی کانال‌های اصلی و استفاده از مخازن ذخیره رواناب با توجه به آبراهه‌های سیلابی شناسایی شده جهت نگهداشت سیلاب و بررسی تأثیر این مخازن بر کاهش دبی اوج سیلاب و نیز جانمایی مخازن طرح توسعه با توجه به نیاز آبی، در حوضه آبریز آب و برق مشهد به مساحت حدود ۷۷۰ هکتار واقع در منطقه ۹ شهرداری مشهد است که دارای ۸۸ زیرحوضه و انتقال‌دهنده اصلی است. در این تحقیق، برای تعیین بارش منتخب به منظور شبیه‌سازی عملکرد سیستم از منحنی‌های IDF، با دوره بازگشت ۲ ساله استفاده شده است. همچنین مدل شبیه‌سازی مورد استفاده نسخه ۲۰۱۷ نرم‌افزار ASSA است. موقعیت کانال‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار GIS به نرم‌افزار ASSA معرفی گردیده است. در تحقیق حاضر نسبت به جانمایی مخازن موجود نگهداشت فضای سبز و همچنین مخازن پیشنهادی طرح توسعه اقدام گردید. نتایج نشان داد که در صورت استفاده از مخازن موجود با مجموع احجام ۱۳۰۵ مترمکعب، دبی پیک حدود ۱۳٪ و حجم رواناب در حدود ۷٪ کاهش داشته است.

**کلمات کلیدی:** رواناب سطحی، مخازن ذخیره رواناب، کنترل سیلاب، نرم‌افزار ASSA،

نرم‌افزار GIS.





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00360034

## بررسی سیلاب شهری و ارائه راهکارهای مدیریتی آن در شهرستان جهرم

مهرداد الطافی<sup>۱\*</sup>، علیرضا صحراییان<sup>۲</sup>، سید محمودرضا نسابه<sup>۳</sup>، فاطمه افروشه<sup>۴</sup>

۱- کارشناس مدیریت امداد و سوانح. دانشجوی کارشناسی حمل‌ونقل شهری؛ mehrdadaltafi@yahoo.com

۲- کارشناس ارشد مدیریت پروژه - معاون استاندار فارس رئیس کارگروه سیلاب شهرستان جهرم.

۳- کارشناس جمعیت هلال احمر. عضو کارگروه سیلاب شهرستان جهرم.

۴- عضو جمعیت هلال احمر.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

### چکیده:

با توسعه شهرنشینی مدیریت سیلاب‌های شهری بیش‌ازپیش مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به باران‌های موسمی تابستانی و باران‌های شدید غیرقابل پیش‌بینی افزایش وقوع سیلاب در مناطق جنوبی کشور و وسعت خسارات جانی و مالی ناشی از آن بیان می‌دارد که توجه به این موضوع از اهمیت خاصی برخوردار است سیلاب از جمله بلایای طبیعی شناخته شده است که طبق گزارش جهانی برنامه عمران سازمان ملل در مورد خطر بلایای طبیعی، سیلاب همراه با زلزله و خشکسالی بالاترین رتبه را از لحاظ خسارت مالی و جانی به همراه دارد. با تبدیل حوضه‌های آبخیز غیرشهری به شهری، در نتیجه تغییر کاربری اراضی، حالت طبیعی (کشاورزی، مرتعی) به شهری (مسکونی، صنعتی، تجاری، ورزشی، جاده‌ها و معابر)، موضوع کاهش نفوذپذیری اراضی شهری بیش‌ازپیش مسئله ساز گردیده است و توسعه شهرنشینی، به‌ویژه در حاشیه رودخانه‌ها بر خسارات سیل در دهه‌های اخیر افزوده است

بررسی سیل‌های شهر جهرم می‌تواند برنامه‌ریزی درستی در جهت پیش‌بینی و کاهش مخاطرات آن را به دنبال داشته باشد. این مطالعه به صورت توصیفی و مقطعی از بررسی وضعیت خطر سیلاب شهر جهرم به ارائه محور اصلی طرح‌های پیشگیری و کاهش خسارات سیل، روش‌ها و اقدامات پیشنهادی برای شهر جهرم در قالب رویکردهای نوین مدیریت رواناب‌های سطحی پرداخته شد. جریان چندین رودخانه فصلی بر اثر بارش پاییزی و بهاره منجر به ایجاد سیلاب در این چند رود شده و با توجه به سازه‌های تقاطعی غیراستاندارد با خروجی‌های نامناسب در مسیر رودخانه‌ها با

با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب



5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۴۰۳-۹۶۱۷۰



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

جاده، شیب کم و تصرف بستر رودخانه‌ها توسط مالکین در پائین‌دست، به اماکن ساخته شده در حاشیه آن خساراتی وارد شده است. در سال اخیر تبدیل شدن بارندگی‌های زمستانی در فارس به سیل به‌ویژه در شهر جهرم در آبراهه‌هایی با بستر کوچک نشان از تغییرات در حوضه آبریز این منطقه دارد که تخریب پل‌ها، دخل و تصرف و ساخت غیرمجاز در حریم رودخانه، احداث پل در بستر صغیر رودخانه از عوامل اصلی طغیان رودخانه و وارد آوردن خسارات جانی و مالی می‌باشد.

**کلمات کلیدی: سیلاب، جهرم، آب‌گرفتگی، پیشگیری، رواناب سطحی.**



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00380016

## بررسی تأثیر مقاطع مرکب بر روی پارامترهای هیدرولیکی جریان در رودخانه پیربازار با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAC

مرتضی میرزایی لیما<sup>۱\*</sup>، بهروز دولتی<sup>۲</sup>، وحید خرمی<sup>۳</sup>، جواد وهابی<sup>۴</sup>  
۱، ۲، ۳ و ۴- کارشناس آب منطقه‌ای استان گیلان.

M.mirzaeilima@gmail.com

### چکیده:

بهبودی و اصلاح مسیر رودخانه‌ها از جمله اقدامات متداولی است که برای هدایت جریان و کاهش اثرات تخریبی سیلاب انجام می‌گیرد. رودخانه‌های منتهی به تالاب انزلی که در محدوده گیلان مرکزی واقع شده، از ارتفاعات دامنه شمالی البرز سرچشمه می‌گیرند. این رودخانه‌ها پس از عبور از دشت گیلان و فومنت در انتها به تالاب انزلی تخلیه می‌گردند. این رودخانه‌ها از غرب به شرق شامل: پسیخان و پیربازار می‌باشند. رودخانه پیربازار در مسیر خود از مناطق شهری و روستایی و نیز از مجاورت اراضی کشاورزی عبور می‌کند. هرساله در فصل بارندگی با وجود هزینه‌های زیادی که جهت لایروبی رودخانه پیربازار می‌گردد اما به کرات شاهد ایجاد خسارت به جهت آب‌گرفتگی‌های این شاخه خصوصاً در منطقه پیربازار می‌باشیم. از این رو با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS مناطق سیل خیز رودخانه پیربازار مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت نتایج حاصل نشان داد که در برخی از مناطق بایستی تمهیداتی برای جلوگیری از خطر احتمالی سیل انجام گیرد؛ و مناطقی همچون پل‌ها و زهکش‌های اطراف رودخانه پیربازار مورد بررسی قرار گرفت و عملکرد آن‌ها در کنترل مهار سیلاب مشخص گردید.

کلمات کلیدی: HEC-RAS، رودخانه پیربازار، سیلاب، گیلان.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



HN-00400017

## مدل سازی سیلاب با استفاده از روش های آب نمود واحد مصنوعی؛ مطالعه موردی: حوضه آبخیز خانمیرزا- استان چهارمحال و بختیاری

محمد نکویی مهر

عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران.

### چکیده:

برای پیشگیری از خسارات ناشی از وقوع سیلاب ها، باید بتوان ویژگی های آن ها را برآورد نمود و با به کارگیری روش های مناسب، اثرات مخرب سیلاب ها را کنترل کرد. یکی از دقیق ترین راه های تعیین و پیش بینی سیلاب رودخانه ها، استفاده از روش آب نمود واحد می باشد. از آنجائی که استخراج آب نمود واحد در یک حوضه مستلزم داشتن آب نمود سیلاب و هیتوگراف ریزش باران هم زمان آن می باشد، متخصصین برای مناطقی که فاقد چنین داده های هیدرواقليم هستند، استفاده از روش های آب نمود مصنوعی را پیشنهاد می کنند. این تحقیق در یکی از زیرحوضه های کارون شمالی واقع در استان چهارمحال و بختیاری به نام خان میرزا انجام گرفت تا قابلیت شبیه سازی آب نمود های طبیعی با استفاده از این مدل ها ارزیابی گردد. برای این منظور، با استفاده از مجموعه داده های باران سنجی، آب سنجی و مورفولوژیکی حوضه و با تجزیه و تحلیل های هیدرولوژیک، سه روش ساخت آب نمود واحد مصنوعی (اشنایدر، SCS و مثلثی) نسبت به آب نمود واحد طبیعی (مشاهده ای) مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان می دهد که روش اشنایدر تطابق بهتری نسبت به روش های دیگر دارد به طوری که دارای کمترین مقدار مجموع مربعات خطا و کمترین درصد اختلاف دبی حداکثر لحظه ای با مقادیر مشاهده ای می باشد؛ بنابراین روش اشنایدر برای شبیه سازی سیلاب در این حوضه از اولویت اول برخوردار است.

**کلمات کلیدی: آب نمود واحد، روش اشنایدر، سیلاب، حوضه خانمیرزا.**





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00410049

## پایش کیفی رویکردهای حاکمیتی مهندسی رودخانه و اقدامات سازه‌ای هدایت، کنترل و مدیریت سیلاب در استان گلستان

حمیدرضا تجری<sup>۱</sup>، امین حسنی<sup>۲\*</sup>، بهروز شعبانی<sup>۳</sup>، داود گیلک<sup>۴</sup>، محسن لشکر بلوکی<sup>۵</sup>

۱- مدیر طرح سیل، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران.

۲- مدیر تجهیز منابع مالی، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران؛ aminh85@yahoo.com.

۳- مدیر طرح سد چایلی، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران.

۴- معاون طرح و توسعه، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران.

۵- مدیر پروژه، شرکت مهندسی مشاور سازآب گلستان، گرگان، ایران.

### چکیده:

همواره در اثر تغییرات انسانی ایجاد شده در رودخانه‌ها، شرایط مورفولوژیکی رودخانه دستخوش تغییرات شده و رودخانه از حالت تعادل خارج می‌شود. این تغییرات در مواقع حساس می‌تواند باعث تشدید خسارات و یا اثرات زیست‌محیطی در رودخانه‌ها و محیط آبی پیرامون آن گردد. یکی از روش‌های اصولی و منطقی در ایجاد شرایط اطمینان و جلوگیری از تشدید خسارات و افزایش بهره‌وری در رودخانه‌ها، بهسازی رودخانه‌ها می‌باشد. به‌طور کلی، بهسازی رودخانه شامل روش‌های افزایش توان آبگذری به‌وسیله کاهش طول یا افزایش شیب، کاهش زبری و پاک‌سازی موانع و گیاهان، بزرگ‌سازی مقطع، بهسازی هیدرولیکی سازه‌های رودخانه‌ای و نیز روش‌های جنبی مانند مهار فرسایش و حفاظت کناره‌ها، بستر و مهار رسوب ورودی به رودخانه می‌باشد. در این مقاله به منظور بررسی و ارزیابی اثرات طرح‌های مدیریت و کنترل سیل در استان گلستان در شرایط موجود به بررسی کیفی اقدامات انجام گرفته در استان در بخش‌های دیوارسازی، آبشکن و گوره‌ها، لایروبی و اصلاح مسیر پرداخته خواهد شد. همچنین، برخی از سازه‌های پیشنهادی در این گروه از منظر مورفولوژی رودخانه و ضرورت‌های استانداردسازی به‌منظور ارتقا شرایط مهندسی رودخانه مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

کلمات کلیدی: پایش کیفی، مهندسی رودخانه، مدیریت سیلاب.



سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦♦♦ info@ifmc.ir ♦♦♦  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



HN-00410050

## نقش احداث سدها و مخازن در تسکین سیلاب‌های استان گلستان

حمیدرضا تجری<sup>۱</sup>، امین حسنی<sup>۲\*</sup>، افراسیاب میرزایی<sup>۳</sup>، محسن لشکربلوکی<sup>۴</sup>

۱- مدیر طرح سیل، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران.

۲- مدیر تجهیز منابع مالی، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران؛ aminh85@yahoo.com.

۳- مدیر طرح‌های آبیاری و زهکشی، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران.

۴- مدیر پروژه، شرکت مهندسين مشاور سازآب گلستان، گرگان، ایران.

### چکیده:

مدیریت حوضه‌های آبخیز به عنوان یک عامل مهم در طراحی و بهره‌برداری از تمامی سازه‌های رودخانه‌ای شناخته شده و ضروری است که اقدامات مؤثر در این خصوص به صورت هماهنگ با طرح مدیریت سیلاب در استان، برنامه‌ریزی و اجرا گردد. مهار سیلاب با استفاده از مخازن تأخیری، تأثیر مستقیم و سریع بر روی سیلاب می‌گذارد. چنانچه توپوگرافی امکان ایجاد مخزن تأخیر با حجم مناسب را بدهد و منابع قرضه نیز در فاصله کمی از محل پروژه موجود باشد، به علت تأثیر سریع‌تر آن در مقایسه با روش‌های آبخیزداری بر تسکین سیلاب، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. هدف یک مخزن مهار سیلاب، ذخیره قسمتی از جریان سیلاب به منظور کاهش حداکثر آن می‌باشد. در صورتی که سیلاب رودخانه دارای خصوصیات فصلی باشد، کارایی مخازن چندمنظوره برای کاهش پیک سیلاب به نحو قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. در این مقاله به منظور بررسی و ارزیابی کارایی سدها و مخازن ذخیره‌ای و تأخیری استان گلستان، به بررسی و واکاوی نحوه عملکرد این سازه‌ها در سیلاب‌های مهیب سنوات اخیر پرداخته شده است.

**کلمات کلیدی:** سدسازی، مخازن ذخیره، تسکین سیلاب.



شرکت مدیریت منابع آب ایران



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00410051

## راهکارهای سازه‌ای افزایش ظرفیت رودخانه‌های استان گلستان برای مدیریت ریسک سیلاب

حمیدرضا تجری<sup>۱</sup>، امین حسنی<sup>۲\*</sup>، رمضانعلی الوند<sup>۳</sup>، محسن لشکر بلوکی<sup>۴</sup>

۱- مدیر طرح سیل، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران.

۲- مدیر تجهیز منابع مالی، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران؛ aminh85@yahoo.com.

۳- مدیر طرح‌های توسعه منابع آب، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران.

۴- مدیر پروژه، شرکت مهندسين مشاور سازآب گلستان، گرگان، ایران.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

### چکیده:

بررسی‌ها نشان می‌دهد که استان گلستان یک منطقه سیل‌خیز بوده و وجود شهرها و روستاها در مسیر و مجاور رودخانه‌ها، آن را آسیب‌پذیرتر کرده است. همچنین، به نظر می‌رسد که مرکز وقوع سیل‌های گلستان عمدتاً در شرق استان بوده و معمولاً از نوع سیلاب‌های تند و سریع با دبی لحظه‌ای بالا هستند. بر اساس مطالعات دورسنجی انجام شده و پردازش تصاویر ماهواره‌ای در طول زمان و به کارگیری شاخص‌هایی مانند NDVI عوامل مهمی از قبیل تخریب جنگل و تغییر کاربری اراضی قابل مشاهده است که این مورد می‌تواند یکی از دلایل ایجاد این گونه سیلاب‌ها و خسارات شدید ناشی از آن‌ها باشد؛ بنابراین، در این مقاله به طرح پیشنهاداتی با دیدگاه سازه‌ای و مدیریت حوضه‌های آبریز توسط طرح‌های آبخیزداری برای کنترل سیل پرداخته شده است. در انجام این پژوهش، منطقه مطالعاتی به ۳۱ حوضه آبخیز بر مبنای مطالعات هیدرولوژیکی تقسیم و سپس با شناخت جامع از منطقه مطالعاتی، موقعیت اولیه سازه‌ها تعیین شد. در مرحله بعد، بازدیدهای گسترده در هر یک از این حوضه‌ها انجام و موقعیت نهایی سازه‌ها تعیین گردید.

**کلمات کلیدی: مدیریت سازه‌ای، مهندسی رودخانه، ریسک سیلاب.**

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦♦♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶





HN-00410052

## راهکارهای غیرسازه‌ای مدیریت ریسک سیلاب در استان گلستان

حمیدرضا تجری<sup>۱</sup>، امین حسنی<sup>۲\*</sup>، حسین دهقان<sup>۳</sup>، محسن لشکر بلوکی<sup>۴</sup>

۱- مدیر طرح سیل، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران.

۲- مدیر تجهیز منابع مالی، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران؛ aminh85@yahoo.com.

۳- معاون برنامه‌ریزی، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران.

۴- مدیر پروژه، شرکت مهندسين مشاور سازآب گلستان، گرگان، ایران.

### چکیده:

سیلاب‌ها جزء طبیعی و جدائی‌ناپذیر جوامع شهری و روستایی در مجاورت رودخانه‌ها محسوب می‌شوند. افزایش خسارات جانی و مالی ناشی از سیلاب‌های مخرب طی سه دهه گذشته علی‌رغم پیشرفت علوم و تکنولوژی در زمینه تجهیزات الکترونیک و سیستم‌های سریع و هوشمند، محسوس بوده و بیانگر عدم امکان کنترل قطعی خسارات ناشی از سیلاب می‌باشد. به‌طور کلی در مواجهه با پدیده سیل و کنترل و کاهش نسبی خسارات ناشی از آن، دو دیدگاه سازه‌ای و غیرسازه‌ای وجود دارد. طرح سامانه‌های هشدار سیل، تعیین حدود بستر و حریم رودخانه‌ها با اولویت رودخانه‌های سیل‌خیز، برنامه‌های آموزش سیل، اصلاح قوانین و تهیه چهارچوبی نظام‌مند در بیمه سیل، از مواردی هستند که می‌توان به‌عنوان اقدامات غیرسازه‌ای نام برد. در این مقاله پیشنهادات غیرسازه‌ای شامل مطالعات تعیین بستر و حریم رودخانه، سیستم هشدار سیل، پیشنهادات بیولوژیک، تعیین مناطق امن و پیشنهادات مدیریتی آموزش سیل و مدیریت بحران متناسب با شرایط استان گلستان ارائه شده است.

**کلمات کلیدی:** مدیریت غیرسازه‌ای، مهندسی رودخانه، سیلاب.



شرکت مدیریت منابع آب ایران



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00410054

## مدل سازی و تعیین پهنه خطر سیل در استان گلستان

حمیدرضا تجری<sup>۱</sup>، امین حسنی<sup>۲\*</sup>، محمدرضا حسینی<sup>۳</sup>، حسین جمشیدی<sup>۴</sup>، محسن لشکر بلوکی<sup>۵</sup>

۱- مدیر طرح سیل، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران.

۲- مدیر تجهیز منابع مالی، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران؛ aminh85@yahoo.com

۳- مدیر طرح توسعه منابع آب محمداًباد، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران.

۴- مدیر طرح‌های آبرسانی، شرکت آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران.

۵- مدیر پروژه، شرکت مهندسین مشاور سازآب گلستان، گرگان، ایران.

### چکیده:

بررسی‌ها نشان می‌دهد که استان گلستان یک منطقه سیل خیز بوده و وجود شهرها و روستاها در مسیر و مجاور رودخانه‌ها، آن را آسیب پذیرتر کرده است. همچنین، به نظر می‌رسد که مرکز وقوع سیل‌های گلستان عمدتاً در شرق استان بوده و معمولاً از نوع سیلاب‌های تند و سریع با دبی لحظه‌ای بالا هستند. بر اساس مطالعات دورسنجی انجام شده و پردازش تصاویر ماهواره‌ای در طول زمان و به کارگیری شاخص‌هایی مانند NDVI عوامل مهمی از قبیل تخریب جنگل و تغییر کاربری اراضی قابل مشاهده است که این مورد می‌تواند یکی از دلایل ایجاد این گونه سیلاب‌ها و خسارات شدید ناشی از آن‌ها باشد. به منظور شناسایی پهنه‌های خطر سیل در سطح ۵۱ زیرحوزه آبریز در نظر گرفته شده در این مطالعات، اقدام به مدل‌سازی در این زمینه شد. اساسی‌ترین لایه‌ای که در بسته غیرسازه‌ای تهیه و دیگر پیشنهادات غیرسازی از این لایه اخذ می‌گردد لایه پهنه خطر سیل می‌باشد. بدین منظور پارامترهایی به عنوان پارامترهای شاخص دخیل در تعیین پهنه‌های خطر سیل نظیر زمین‌شناسی، مسیر رودخانه، ضریب گراویلیوس، شیب، هم باران و پوشش گیاهی مدنظر قرار گرفتند. سپس، با توجه به پارامترهای انتخاب شده، با استفاده از روش AHP اقدام به امتیازدهی به پارامترها و درنهایت میانگین‌گیری امتیازات و کلاسه‌بندی این پارامترها شد و با تلفیق این نقشه‌ها، لایه پهنه خطر سیل رودخانه‌های استان حاصل گردید.

کلمات کلیدی: مدل‌سازی، پهنه خطر سیل، مهندسی رودخانه.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



HN-00470118

## بررسی تأثیر سیستم مکش از درون پایه بر کاهش میزان آبستگی پایه پل

احسان آفریدگان<sup>۱\*</sup>، منوچهر حیدرپور<sup>۲</sup>، بشیر فلاحی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه آبی دانشگاه صنعتی اصفهان؛ en.afrikan@gmail.com

۲- استاد گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه آبی دانشگاه صنعتی اصفهان.

### چکیده:

وقوع سیلاب به سبب پراکندگی و گستردگی بارندگی‌های شدید در سراسر جهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. طبق تحقیقات انجام شده بیشترین عامل تخریب پل‌ها در زمان سیلاب در اثر آبستگی موضعی پایه و تکیه‌گاه‌های پل بوده است. در آبستگی پایه پل سه مکانیزم جریان پایین‌رونده، گرداب نعل‌اسبی و گرداب برخاستگی عوامل اصلی می‌باشند. در این پژوهش با دبی مکش ۸۶/۰ لیتر بر ثانیه، در حدود ۱٪ دبی جریان اصلی در کانال تأثیر سیستم مکش و موقعیت قرارگیری آن روی پایه پل را در کاهش میزان آبستگی بررسی نمودیم. نتایج تحقیق نشان داد که سیستم مکش در کاهش آبستگی مؤثر بوده و بیشترین تأثیر آن حدود ۵۰٪ و زمانی است که سیستم در پایین‌ترین عمق یعنی روی بستر قرار گیرد، لازم به ذکر با فاصله گرفتن سیستم از بستر از راندمان کاهش آبستگی کاسته شد.

**کلمات کلیدی:** آبستگی، پایه پل، سیستم مکش، جریان پایین‌رونده، لایه مرزی.





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00500020

## احداث بزرگراه‌ها در زمین‌های سست و تحت تأثیر سیلاب به کمک ستون‌های سنگی

حسینعلی بگی<sup>۱\*</sup>، محمدناصر پیرمردیان<sup>۲</sup>

۱- استادیار دانشگاه فنی و حرفه‌ای.

۲- دانشجوی دانشگاه فنی و حرفه‌ای.

### چکیده:

در این مقاله به طراحی خاکریزی بزرگراه‌ها در زمین‌های سست و تحت نفوذ سیلاب به خصوص زمین‌های رسی ماسه‌ای و ماسه‌ای رسی، با ظرفیت باربری پایین و نشست زیاد اشاره می‌گردد. در این مناطق در صورتی که مقاومت خاک به طریقی بهبودی در مقاومت آن حاصل نشود با افزایش ارتفاع خاکریزهای تا دو متر و بیشتر، نشست بیش از حد مجاز در خاکریز ایجاد می‌شود. با بهبودی زمین به کمک ستون‌های سنگی نشست به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد و ظرفیت باربری زمین افزایش می‌یابد. در صورتی ضخامت خاکریز به سه متر افزایش یابد و ستون‌های سنگی برای بهبود مقاومت خاک استفاده شود، خاکریز می‌تواند باربری لازم را در برابر بارهای اعمال شده داشته باشد. تجزیه و تحلیل این مقادیر را می‌توان به کمک نرم‌افزارهای مختلف همانند ANSYS، Plaxis 2D ... انجام داد.

کلمات کلیدی: ستون سنگی، راه‌سازی، خاکریز.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران

info@ifmc.ir

www.ifmc.ir

۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



HN-00510057



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

## شبیه‌سازی هیدرولیکی رودخانه لیسار جهت پهنه‌بندی سیلاب و تعیین حد بستر و حریم بر اساس موازین قانونی و ارائه طرح ساماندهی

بابک فردین پور<sup>۱</sup>، مریم کفایتی<sup>۲</sup>، امیر کاسی<sup>۳\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی لاهیجان.

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی بندرانزلی.

۳- کارشناس مهندسی رودخانه و سواحل شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان؛ [kasi@ut.ac.ir](mailto:kasi@ut.ac.ir) و

[amir.kasi63@gmail.com](mailto:amir.kasi63@gmail.com)

### چکیده:

افزایش روزافزون جمعیت جهان و توسعه سریع زندگی شهری و روستایی در اراضی حاشیه رودخانه‌ها، اقدامات ناستجیده و غیرعلمی و همچنین افزایش تقاضا برای احداث اعیانی در اراضی حاشیه رودخانه‌ها، روند تجاوز به بستر و حریم رودخانه‌ها، تصرف غیرقانونی در اینگونه اراضی و دخل و تصرف غیرمجاز در آن‌ها، نه تنها امکان استفاده از پتانسیل‌های آبی را کاهش می‌دهد بلکه خسارات جبران‌ناپذیری در اثر طغیان‌های کنترل نشده بر جان و مال مردم وارد کرده و زیان‌های اقتصادی عمده به بار می‌آورد. در این مطالعه به منظور تعیین حد بستر و حریم و پهنه‌بندی سیلاب رودخانه لیسار به طول حدود ۱۰ کیلومتر، از مدل هیدرولیکی HEC-RAS استفاده شده است. در این راستا، پس از تهیه نقشه موردنظر، هندسه رودخانه با استفاده از الحاقیه Hec-GeoRAS در محیط GIS رسم می‌گردد. سپس جهت شبیه‌سازی جریان‌های سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف از مدل هیدرولیکی HEC-RAS استفاده خواهد شد و حد بستر ۲۵ ساله رودخانه بدون در نظر گرفتن سازه‌های طولی و عرضی و پهنه‌های سیلابدشت با در نظر گرفتن سازه‌های مذکور شبیه‌سازی خواهد گردید. سپس بر اساس وضعیت ریخت‌شناسی و متناظر با شرایط رودخانه طرح ساماندهی ارائه گردیده است.

**کلمات کلیدی:** پهنه‌بندی سیلاب، حدود بستر و حریم، ساماندهی، HEC-RAS، GIS.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00520130

### بررسی عوامل مؤثر بر مشارکت مردمی در مدیریت سیلاب

سحر خزاعی<sup>۱\*</sup>، مریم فخاری<sup>۲</sup>، بتول ظریف<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی- کارشناس گروه مطالعات آب‌های سطحی- شرکت آب منطقه‌ای خراسان

رضوی؛ s.khazaei88@gmail.com

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زمین‌شناسی- کارشناس گروه پایش کیفی منابع آب- شرکت آب منطقه‌ای

خراسان رضوی؛ Fakhari.ab@khrw.ir

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط- کارشناس گروه پایش کیفی منابع آب- شرکت آب منطقه‌ای

خراسان رضوی؛ zarifgb931@mums.ac.ir

#### چکیده:

در ایران به دلیل وسعت زیاد، اقلیم‌های مختلف و تراکم زمانی و مکانی متفاوت بارش‌ها، همه‌ساله شاهد سیلاب‌های بزرگی در بیشتر مناطق کشور هستیم که بسیاری از آن‌ها، خسارات جانی و مالی فراوانی را به بار می‌آورند. آنچه در سال‌های اخیر در سطح دنیا در زمینه کمینه کردن خسارات و بیشینه کردن سودمندی‌های ناشی از سیل مطرح می‌شود، مشارکت مردم در چرخه مدیریت سیل است. هدف از این پژوهش شناسایی عوامل تأثیرگذار بر مشارکت مردم در مدیریت سیلاب و همچنین تحلیل نحوه مشارکت مردم در مراحل مختلف سیلاب و ارائه پیشنهاداتی برای افزایش مشارکت است. در بخش اول نشان داده شد که عوامل متعددی شامل عوامل طبیعی، عوامل اجتماعی، اقتصادی، جغرافیایی و عوامل سازمانی بر مشارکت مردم تأثیر دارند. در بخش دوم، نحوه مشارکت مردم در مراحل مختلف مدیریت سیلاب شرح داده شد و همچنین به اصول کلی برای تقویت مشارکت مردم اشاره شد. به‌طورکلی می‌توان گفت مشارکت اعضای جامعه و ذینفعان مرتبط در مدیریت سیل، در حفظ روند فرآیند کاهش خطر سیل و همچنین برای رسیدن جامعه به اهداف موردنظر ضروری است. سازماندهی مشارکت مردم در آغاز به دنبال اجرای کامل آن نیست، بلکه انتظار می‌رود که جوامع به تدریج فعالیت‌های انعطاف‌پذیری را در مقابله با سیل با به‌کارگیری تلاش‌های مستمر ایجاد کنند.

**کلمات کلیدی:** مدیریت سیلاب، مشارکت مردمی، نهادهای محلی.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦♦♦ info@ifmc.ir ♦♦♦  
www.ifmc.ir ♦♦♦ ۲۳ و ۲۴ آبان‌ماه ۱۳۹۶



## وضعیت وقوع سیلاب در ایران و اثرات ناشی از آن در سال ۱۳۹۵

فاطمه صادقی<sup>۱</sup>، جواد بابائی<sup>۲\*</sup>، علی پور اصلان<sup>۱</sup>

۱- کارشناس ارشد امور آب و فاضلاب هشتروند- شرکت آب و فاضلاب شهری استان آذربایجان شرقی.

۲- دکتری تخصصی سلامت در حوادث و بلایا- دانشکده مدیریت و اطلاع‌رسانی پزشکی- دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تبریز.

### چکیده:

**مقدمه:** با توجه به تغییرات اقلیمی در حال وقوع و اثرات آن بر افزایش روند و شدت مخاطرات آب‌شناختی و تغییرات در الگوی وقوع آن‌ها، مطالعه حاضر به منظور شناخت وضعیت وقوع سیلاب‌ها در ایران و استخراج تغییرات در روند آن‌ها طراحی و اجرا شد تا وضعیت وقوع سیلاب‌ها را در سال ۱۳۹۵ در کشور تبیین نماید.

**روش:** در مطالعه حاضر، داده‌های مربوط به رخداد سیلاب‌ها در سراسر کشور از طریق رصد و رهگیری اخبار مربوط به وقوع سیل از طریق خبرگزاری‌های فارس و ایرنا جمع‌آوری و با استفاده از نرم‌افزار اکسل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند.

**نتایج:** در طی سال ۱۳۹۵، وقوع ۱۸۷ سیلاب در سراسر کشور در خبرگزاری‌ها گزارش شده بود که این تعداد سیل موجب شدند تا ۲۶ نفر جان خود را از دست داده، ۹۴۷ نفر مصدوم شده یا تحت تأثیر قرار گرفتند. در اثر این سیلاب‌ها ۵۴۵ رأس انواع دام تلف شده بودند و ۲۵۶ باب ساختمان تخریب و بیش از ۱۱۳۲ میلیارد تومان خسارت اقتصادی به کشور وارد شد.

**نتیجه‌گیری:** در طی سال ۹۵، تعداد موارد سیل رخ داده از میانگین ۴ ساله کشوری بالاتر بوده ولی مرگ و میر و مصدومیت‌های ناشی از آن‌ها کاهش یافته است. با این نتایج بایستی برنامه‌ریزی برای کاهش خطر سیل از جمله کانون‌های مورد توجه مسئولین کشوری و تک تک آحاد مردم باشد.

**کلمات کلیدی:** سیل، سیلاب، تغییر اقلیم، اپیدمیولوژی.







با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00540029

## بررسی اثرات سازه‌های آب‌خیزداری بر روی کنترل سیلاب؛ مطالعه موردی: حوزه نردین شهرستان میامی

پیمان اکبرزاده<sup>۱\*</sup>، حسن غلامی<sup>۲</sup>، محمدرضا رجبی<sup>۳</sup>، محمدهادی نوچه<sup>۴</sup>، سید فردین حسینی  
شریعت پناهی<sup>۵</sup>

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه سمنان.
- ۲- معاون اداره مهندسی و مطالعات، اداره کل منابع طبیعی و آب‌خیزداری استان سمنان.
- ۳- ریس اداره کنترل سیلاب و آبخوانداری، اداره کل منابع طبیعی و آب‌خیزداری سمنان.
- ۴- معاونت آب‌خیزداری، اداره کل منابع طبیعی و آب‌خیزداری سمنان.
- ۵- ریس اداره مهندسی مطالعات، اداره کل منابع طبیعی و آب‌خیزداری سمنان.

### چکیده:

بلایای طبیعی خسارات عمده مالی و جانی به جوامع انسانی وارد می‌سازد و متأسفانه کشور ما هم هرچند صباحی طعم تلخ این وقایع را می‌چشد. سیلاب هرساله خسارات قابل توجهی را به تأسیسات و اراضی واقع در سیلاب‌دشت‌ها وارد می‌نماید. حوزه مطالعاتی نردین در شهرستان میامی و در مسیر ارتباطی اصلی بین شهرستان آزادشهر و روستای تیل‌آباد واقع شده است. روش کار در این مطالعه بر اساس بهره‌گیری از روابط تجربی و استفاده از آمار و اطلاعات ایستگاه هیدرومتری تیل‌آباد پارامترهای مربوط به آن است. حوزه آب‌خیز نردین به عنوان یک حوزه بحرانی مطرح بوده که به دلیل وضعیت کاربری نامناسب و تغییرات کاربری شدید، شرایط اقلیمی و ریزش‌های رگباری شاهد وقوع سیلاب‌های بزرگ در این حوزه بوده که با جریان‌ات واریزه‌ای و به همراه است. در این تحقیق سعی شده است که اثرات اجرای سازه‌های آب‌خیزداری بر روی سیلاب و میزان حجم رسوب در حوزه نردین که یکی از عوامل اصلی سیل‌های گلستان است، با مطالعه این سازه‌ها و مراجعه به منطقه، مورد ارزیابی قرار گرفته شد. با اجرای شدن ۱۴۴ سازه باعث افزایش زمان تمرکز در حوزه شده است؛ با توجه به ایجاد حجم مخزن حدود ۲/۲۰۰/۰۰۰ مترمکعبی که در اثر ایجاد سازه‌های سنگی و ملاتی و سدهای خاکی ایجاد شده است و با توجه به ضریب گردی بالای حوزه دارای زمان



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦ info@ifmc.ir ♦  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۵

با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب



5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۴۰۳

تمرکز کوتاهی است لذا این حجم می‌تواند به همان مقدار آب را ذخیره کند و زمان تمرکز را افزایش دهد و از طرفی نفوذپذیری را افزایش دهد؛ با توجه به افزایش زمان تمرکز و افزایش نفوذپذیری با کاهش رواناب و در نتیجه کاهش سیل با دوره بازگشت ۲۵-۵۰ سال روبرو خواهیم شد.

**کلمات کلیدی: کنترل سیلاب، سازه‌های آبخیزداری، حوزه نردین، شهرستان میامی.**





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00600040

## استخراج روابط دبی-اشل مقاطع مرکب با بستر صلب با استفاده از مدل ریاضی سه بعدی

فرزاد درویش مجنی<sup>۱</sup>، سعیدرضا خداشناس<sup>۲\*</sup>، عبدالرضا ظهیری<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی-سازه‌های آبی فردوسی مشهد.

۲- استاد گروه مهندسی آب گروه کشاورزی فردوسی مشهد؛ [khodashenas@ferdowsi.um.ac.ir](mailto:khodashenas@ferdowsi.um.ac.ir)

۳- دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

### چکیده:

در این مقاله ابتدا الگو و ساختار سه بعدی جریان در یک مقطع مرکب مستقیم با بستر صلب با استفاده از نرم افزار 3D-FLOW شبیه سازی شده و سپس رابطه دبی-اشل این کانال استخراج شده است. برای ارزیابی دقت مدل ریاضی از داده های آزمایشگاهی کانال بزرگ مقیاس موسسه تحقیقات والینگفورد (FCF-A) با بستر بتنی استفاده شد. بعد از انجام آزمون استقلال شبکه محاسباتی و نیز واسنجی مدل آشفستگی، دقت نتایج آن مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که دبی کل جریان به دست آمده از مدل 3D-FLOW مطابقت خوبی با نتایج آزمایشگاهی دارد به طوری که حداکثر و میانگین خطای نسبی این نتایج برای کانال مرکب مورد مطالعه به ترتیب ۶/۲۶ و ۲/۳۹ درصد می باشد. در نهایت نتایج به دست آمده از مدل ریاضی 3D-FLOW با نتایج روش یک بعدی تجزیه قائم مقطع مرکب (DCM) و نیز نتایج مدل ریاضی SSIIM مقایسه شد. این مقایسه کارایی و عملکرد مناسب تر مدل ریاضی 3D-FLOW در شبیه سازی هیدرولیک جریان در مقاطع مرکب با بستر صلب را تأیید نمود.

**کلمات کلیدی:** بستر مصلب، واسنجی، مدل ریاضی 3D-FLOW، مقاطع مرکب، مدل آشفستگی.

سالن همایش های راه آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦♦♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۶



## پایدارسازی کناره رودخانه جلوگیری از فرسایش خاک و تولید رسوب با استفاده از روش بیولوژیکی؛ مطالعه موردی: حوزه آبخیز پسیخان (گیلان)

علیرضا قدرتی

عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان.

### چکیده:

مهار فرسایش در رودخانه‌ها با استفاده از پوشش گیاهی ضمن حفظ و احیاء محیط زیست از آثار تخریبی جریانات رودخانه‌ای بخصوص در مواقع سیلابی بر روی فرسایش کناره‌ها می‌کاهد و در نتیجه می‌تواند بین روش‌های حفاظتی از اولویت خاصی برخوردار باشد. بررسی تأثیر نوع گونه گیاهی و الگوی کاشت در تلفیق آن با روش‌های مکانیکی غیر سازه‌ای، در کاهش فرسایش کناری رودخانه از جمله مواردی هستند که به صورت پروژه‌های موردی برای رودخانه‌های قابل مطالعه می‌باشند. در این تحقیق اندازه‌گیری روش بیومهندسی برای تثبیت بیولوژیکی حاشیه رودخانه‌ها برای بررسی و معرفی مناسب‌ترین شیوه بیولوژیکی از نظر تراکم و ترکیب گیاهی اجرا می‌شود. در این تحقیق، هر تیمار دارای ۳ تکرار بوده. در هر تیمار و تکرارهای آن از تراز کم‌آبی تا لبه بالایی دیواره پهن‌هایی عمود بر جهت جریان کوبیده شدند. در تفسیر و آنالیز آماری در این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار محاسبه SPSS استفاده گردید. برای مقایسه تیمارها با یکدیگر نیز از آزمون دانکن و سطح معنی داری  $P \leq 0.05$  انجام گردید. در خصوص تثبیت دیواره‌های رودخانه با استفاده از عملیات بیولوژیکی در رودخانه پسیخان سه گونه پوشش گیاهی (علفی، درختی، درختچه‌ای) کار شد و در ترازهای مختلف دیواره‌ها بررسی فرسایش به عمل آمد آنالیز آماری صورت گرفته نشان داد که پوشش علفی در قسمت سطحی دارای فرسایش کمی بوده این بیانگر این نمی‌باشد که وجود پوشش علفی توانسته است حفاظت خوبی در مقابل فرسایش داشته باشد چون دبی پیک و دوره سیلابی گذرا و گاه‌به‌گداز به ندرت به سطح دیواره می‌رسد اما در هنگام بروز سیلاب شدید که ایجاد سیل



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

می‌نماید در دوره آماری برداشته شده مشاهده شد وقتی که دبی پیک بالا سیلاب شدید، پوشش علفی به دلیل عمق کم ریشه دوانی کاملاً به صورت بلوکی تخریب شده و حجم زیادی از دیواره از نوع پوشش علفی تخریب شد؛ اما در پوشش درختی و درختچه‌ای دیواره‌ها پایداری خود را حفظ نموده‌اند و حجم زیادی از خاک فرسایش پیدا کرد اما پوشش درختی پایداری خود را حفظ نمود. در مجموع حفاظت دیواره‌های رودخانه که تمامی منطقه جریان دارد.

**کلمات کلیدی: تثبیت دیواره رودخانه، فرسایش کناری، بیولوژیکی، پسیخان گیلان.**



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir



## تحلیل فراوانی و رفتارشناسی مشخصه‌های بارش‌های مقادیر حدی برای ایستگاه سینوپتیک شیراز، استان فارس

سارا هاشم‌پور مطلق شیرازی<sup>۱\*</sup>، داور خلیلی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش مهندسی آب، دانشگاه شیراز

۲- استاد، بخش مهندسی آب، دانشگاه شیراز

### چکیده:

پیش‌بینی و رفتارشناسی پدیده‌های هواشناسی، هیدرولوژیکی و غیره که در حال حاضر و یا آینده رخ خواهند داد، نیازمند داده‌های از گذشته هستند. تحلیل فراوانی و تعیین دوره بازگشت پارامترهای موردنیاز به دست آمده از داده‌ها در مسائلی همچون وقایع سیلابی، خشکسالی، طوفان، امواج گرمایی و غیره پر فایده خواهد بود. تحلیل فراوانی داده‌های بارش در مدیریت منابع آب، انجام پروژه‌های آبی، عملیات در کشاورزی، کاربری اراضی و غیره سودمند خواهد بود. در این مقاله مشخصه‌های بارش (بارندگی سالانه، بارندگی حداکثر ۲۴ ساعته، بارندگی با احتمال ۹۵٪، شاخص شدت بارش روزانه، تعداد روزهای خشک و بارانی متوالی، تعداد روزهایی با بارش بیش از ۱۰ میلی‌متر)، برای ایستگاه سینوپتیک شیراز در استان فارس بررسی و واکاوی گردیدند. این ایستگاه شامل ۳۷ سال داده می‌باشند. هدف اصلی رفتارشناسی مشخصه‌های موردنظر بود که بدین منظور با استفاده از اطلاعات داده‌های تاریخی و برازش توابع توزیع احتمال، فراوانی وقوع داده‌ها در قالب مقادیر به دست آمده برای دوره برگشت‌های ۲ تا ۲۰۰ سال محاسبه گردید. از نتایج این تحلیل می‌توان در مسائل کنترل سیلاب و برنامه‌ریزی‌های مدیریت منابع آب سود جست.

**کلمات کلیدی:** تحلیل فراوانی، مشخصه‌های بارش‌های مقادیر حدی، توابع توزیع احتمال.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00670032

## کالیبراسیون رابطه Z-R رادار هواشناسی اهواز در حوضه آبریز ابوالعباس

مسعود صوری دمیرچی سفلی<sup>۱\*</sup>، آرش ادیب<sup>۲</sup>، سید یحیی میرزایی ارجنکی<sup>۳</sup>، محمد محمودیان

شوشتری<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران - مهندسی و مدیریت منابع آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- دانشیار گروه مهندسی عمران آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۴- استاد گروه مهندسی عمران آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

### چکیده:

رادارهای هواشناسی توان اندازه‌گیری شدت بارش با تفکیک مکانی و زمانی مناسب برای محدوده وسیعی از حوضه‌ها را دارا می‌باشند. این ابزار بارش را به‌طور غیرمستقیم و با تبدیل داده‌های بازتابش رادار به شدت بارش، توسط یک تابع انتقال انجام می‌دهند، این تابع انتقال در قالب یک رابطه نمایی به صورت  $Z = ar^b$  ارائه شده است. در این مطالعه رابطه Z-R رادار اهواز برای بارش رگبار کالیبره گردید. بر اساس نتایج آماری روش‌های کالیبراسیون روابط  $Z = 318R^{1.6}$  و  $Z = 126R^2$  عنوان معادلات بهینه از میان تمامی روش‌ها جهت تبدیل بازتابش رادار به بارش تعیین گردید.

کلمات کلیدی: رادار هواشناسی اهواز، بارش رگبار، کالیبراسیون رابطه Z-R.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران

۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶

www.ifmc.ir  
info@ifmc.ir





HN-00680082

## نقش انسان در بروز سیل و آب گرفتگی شهری و اقدامات و میزان آمادگی شهرداری اصفهان در راستای مواجهه با آن

سجاد بلندنظر

مدیریت بحران و پدافند غیرعامل شهرداری اصفهان.

### چکیده:

امروزه توسعه روزافزون شهرها، گسترش شهرنشینی، تغییرات محیطی شهرها و مسائل ناشی از آن، یکی از موضوعات مهم در پیش روی مدیران شهری است که در صورت آینده‌نگری و برنامه‌ریزی صحیح، نه تنها می‌توان چالش‌های به وجود آمده را کنترل نمود، بلکه می‌توان کنترل آینده را نیز در دست گرفت. یکی از مسائل مطرح در توسعه شهری و برنامه‌ریزی برای آن، موضوع سیلاب و آب گرفتگی شهری (رواناب سطحی) ناشی از نزولات جوی است که به دلیل افزایش سطوح غیرقابل نفوذ و یا با نفوذپذیری کم خیابان‌ها، معابر در سطح شهرها، شیب نادرست معابر هنگام بارندگی و ... با سرعت بالا و حجم زیاد در آبراهه‌های مصنوعی جریان یافته و موجب آب گرفتگی سطح معابر، روان شدن سیلاب در شهرها می‌گردند. از این رو چاره‌اندیشی و برنامه‌ریزی برای جمع‌آوری و هدایت این آب‌ها که از نعمت الهی به شمار رفته و مایه برکات بسیار برای انسان‌ها است، همواره مورد توجه مسئولین و مدیران شهری بوده است. این مقاله به نقش انسان در بروز سیل و آب گرفتگی شهری و همچنین اقدامات و میزان آمادگی شهرداری اصفهان در راستای مواجهه با آن می‌پردازد. روش این پژوهش مطالعات کتابخانه‌ای، اسنادی و بازدید میدانی می‌باشد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد علاوه بر در نظر گرفتن اهمیت همدلی و فعالیت مثبت و مؤثر دستگاه‌های خدماتی و امدادی مرتبط، شهروندان نیز باید اعتقاد پیدا کنند می‌توانند در راستای پیشگیری از وقوع سیل و آب گرفتگی شهری و ... مفید واقع شوند و از طرف دیگر کاهش آسیب‌پذیری شهر در برابر سوانح، از جمله سیل و آب گرفتگی، هنگامی تحقق خواهد یافت که ایمنی شهر در برابر خطرات سیل به عنوان یک هدف اساسی در تمامی سطوح برنامه‌ریزی از معماری تا آمایش سرزمین وارد گردد.

کلمات کلیدی: نقش انسان، شهرنشینی، سیلاب و آب گرفتگی شهری، شهرداری اصفهان.



وزارت راه و شهرسازی



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00760137

## مدل سازی سیلاب شهری با استفاده از روش چند سلولی

مهدی میرزایی<sup>۱</sup>، یوسف سعادت‌مند<sup>۲</sup>\*

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد واحد تهران مرکزی، دانشکده فنی و مهندسی.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران- آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه آزاد واحد تهران مرکزی.

### چکیده:

سیل از جمله پدیده‌های طبیعی است که جوامع بشری آن را به عنوان یک واقعیت اجتناب‌ناپذیر، پذیرفته است. رویارویی با بحران‌های محیط شهری یکی از موضوعاتی است که بیشتر شهرها با آن دست‌وپنجه نرم می‌کنند. سیلاب خطری است که مردم بسیاری از کشورها با آن مواجه بوده و در کل سیطره جهان به عنوان یکی از شدیدترین بلاها در میان کل بلاهای طبیعی شناخته شده است. به دلیل تغییر اقلیم و افزایش گرایش مردم به شهرنشینی احتمال وقوع سیلاب‌های شهری نیز افزایش یافته است. احتمال وقوع سیلاب‌های ناشی از بارش باران در مناطق شهری به دلیل وجود سطوح روکش شده، پشت بام ساختمان‌ها، سنگ‌فرش‌ها و سطوح روسازی شده بیشتر است. چون که باعث کاهش نفوذپذیری و افزایش مقدار و سرعت رواناب می‌شود. در این تحقیق به مدل سازی سیلاب شهری با استفاده از روش چندسلولی به کمک نرم‌افزار MIKE پرداخته شده است. این روش قادر به مدل سازی شهرهایی با وسعت زیاد و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای حتی با وضوح ۱۰ و ۵ می‌باشد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که اثرات وجود موانع و ساختمان‌ها و تأثیر آن در حرکت رواناب قابل مشاهده می‌باشد.

کلمات کلیدی: مدل سازی، سیلاب، سیلاب شهری، چندسلولی، Multi-cell.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦ info@ifmc.ir  
♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

## تأثیر تجارب متعدد سیل‌های در میزان حس مسئولیت‌پذیری مردم در انجام اقدامات پیشگیرانه سیل

مینا حسین پور طهرانی<sup>۱\*</sup>، کریستین کوهلیکه<sup>۲-۱</sup>

۱- دانشجوی دکتری دانشگاه نیوکسل (استرالیا).

۲- محقق- دپارتمان جامعه‌شناسی زیست‌محیطی و شهری - موسسه علمی و تحقیقاتی UFZ (آلمان).

### چکیده:

به مشارکت و داشتن کنشگران با هدف افزایش نقش و مسئولیت‌پذیری مردم برای کاهش ریسک سیلاب در سال‌های اخیر در کشورهای اروپایی از اهمیت به سزایی برخوردار شده است. با این هدف، این مقاله بر اساس مطالعه کمی و پرسشنامه در میان ۱۳۷۸ خانوار در دو ایالت باواریا<sup>۲</sup> و ساکسونی<sup>۳</sup> در کشور آلمان بر اساس سیل‌های به وقوع پیوسته از سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۳ تدوین شده است. عامل تجربه سیل در سال‌های مختلف به منظور دانستن تأثیر این فاکتور بر روی مسئولیت‌پذیری<sup>۴</sup> و خودکارآمدی<sup>۵</sup> مردم برای انجام اقدامات فردی مناسب در راستای آمادگی و پیشگیری (اقدامات کاهش<sup>۶</sup>) در برابر وقوع سیل‌های آتی مدنظر قرار گرفته است.

**کلمات کلیدی:** مدیریت ریسک سیلاب، مسئولیت‌پذیری، تجربه سیل، اقدامات کاهش.

<sup>1</sup> Christian Kuhlicke

<sup>2</sup> Bavaria

<sup>3</sup> Saxony

<sup>4</sup> Responsibility

<sup>5</sup> Self-efficacy

<sup>6</sup> Mitigation



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00790109

## شبیه‌سازی روزانه دبی در حوضه آبریز سد جیرفت در استان کرمان با استفاده از مدل SWAT

یوسف اصغری کلایه<sup>۱</sup>، سمیه انگبینی<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران - آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس؛

y.asghari.kalayeh@gmail.com

۲- استادیار گروه عمران - آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس.

### چکیده:

شبیه‌سازی رواناب حوضه از جمله مسائلی است که پژوهشگران به آن می‌پردازند. هدف از این مطالعه کاربرد مدل SWAT در حوضه آبریز کوهستانی سد جیرفت در استان کرمان جهت شبیه‌سازی رواناب می‌باشد. به این منظور از داده‌های اقلیمی بارندگی، حداقل و حداکثر دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و میزان تشعشعات خورشیدی در مقیاس روزانه طی دوره آماری ۱۴ ساله (۱۹۹۵-۲۰۰۸) جهت مدل‌سازی استفاده گردید همچنین داده‌های حاصل از نقشه‌های توپوگرافی، خاک، کاربری اراضی و شیب نیز به مدل معرفی شد. آنالیز حساسیت، واسنجی و تحلیل عدم قطعیت توسط روش SUFI-2 در نرم‌افزار SWAT-CUP برای دوره آماری ذکر شده انجام پذیرفت. پس از آماده‌سازی داده‌ها و وارد کردن آن‌ها به مدل، عملیات تحلیل حساسیت برای ۱۰ پارامتر منتخب صورت پذیرفت. واسنجی مدل در بازه‌هایی از ابتدای سال ۱۹۹۵ میلادی تا پایان سال ۲۰۰۴ به مدت ۱۰ سال در مکان ایستگاه عروس و داماد واقع در خروجی حوضه و نیز جهت اعتبارسنجی در ایستگاه قلعه ریگی در بازه زمانی سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۸ شبیه‌سازی رواناب صورت پذیرفت. توانایی مدل SWAT در شبیه‌سازی رواناب حوضه به کمک ضریب نش ساتکلیف (NS) و ضریب تعیین ( $R^2$ ) مورد ارزیابی قرار گرفت که در دوره واسنجی برای ایستگاه عروس و داماد در خروجی حوضه به ترتیب ۰/۸۳ و ۰/۸۴ به دست آمد. حساسیت پارامترهای جریان با استفاده از معیارهای p-Valu و t-Stat تعیین شد. در نهایت پارامترهای ( $R^2$ ) و (NS) جهت اعتبارسنجی مدل در ایستگاه قلعه ریگی به ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۸۷ به دست آمد؛ بنابراین نتایج مدل حاکی از همبستگی داده‌های



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران

info@ifmc.ir

www.ifmc.ir

۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶

با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب



5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۴۰۳-۹۶۱۷۰

مشاهداتی و محاسباتی را نشان می‌دهد که صحت و دقت مدل SWAT را در شبیه‌سازی رواناب حوضه تأیید می‌کند.

**کلمات کلیدی: رواناب، SWAT، حوضه آبریز سد جیرفت، SWAT-CUP.**



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir ♦ info@ifmc.ir



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00800039

## استفاده از روش‌های سازه‌ای در کنترل سیلاب حوضه‌های آبریز شهری؛ مطالعه موردی: شهر شریفیه استان قزوین

سینا جمشیدی<sup>۱\*</sup>، الهه کاکاوند<sup>۲</sup>

۱- کارشناس دفتر مهندسی رودخانه‌ها و سواحل شرکت آب منطقه‌ای قزوین.

۲- کارشناس دفتر مهندسی رودخانه‌ها و سواحل شرکت آب منطقه‌ای قزوین.

### چکیده:

رشد جمعیت و توسعه شهری و تبدیل بی‌رویه اراضی مجاور رودخانه‌ها به ساخت‌وسازها تأثیر نامطلوبی در زهکشی مناطق شهری می‌گذارد و موجب تشدید سیلاب‌ها شده است. امروزه سیلاب‌های شهری یکی از وقایع روبه رشد و یکی از نگرانی‌های مدیران شهری در سراسر جهان بوده و به دلیل تغییرات اقلیم و گرمایش جهانی روند وقوعی روزافزون به خود گرفته‌اند. رودخانه شریف‌آباد از غرب شهر شریفیه عبور نموده که به علت تغییر کاربری‌های بالادست حوضه و تصرفات و ساخت‌وسازهای صورت گرفته در بستر و ساماندهی نامناسب مقطع آن، در مواقع بارندگی، کانال عبور دهنده سیلاب در محدوده شهر شریف‌آباد توانایی عبور جریان را نداشته و موجب آب‌گرفتگی منازل مسکونی و معابر مجاور می‌گردد. هدف مطالعات حاضر بررسی مشکل موجود و ارائه راهکارهای مناسب و اقتصادی علاج بخشی ظرفیت ناکافی کانال انتقال سیلاب می‌باشد. به همین منظور موضوع کنترل سیل در بالادست محدوده شهری و استفاده از روش‌های سازه‌ای مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت استفاده از سدهای تأخیری به عنوان گزینه مناسب پیشنهاد گردید.

**کلمات کلیدی:** سیلاب شهری، شریفیه، روش‌های سازه‌ای، سد تأخیری.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
info@ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir



## ارزیابی دقت مدل‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی در سامانه‌های پیش‌بینی و هشدار سیل

مهدی ترابی<sup>۱\*</sup>، نصراله جواهری<sup>۲</sup>، امیر صمدی<sup>۳</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، گروه مهندسی آب، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی

امام خمینی (ره)، قزوین؛ me\_rsc@yahoo.com

۲- دکتری سازه‌های آبی، شرکت مهندسی مشاور آب عمران پردیسان، تهران.

۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین.

### چکیده:

امروزه با توجه به تغییرات اقلیم، افزایش وقوع باران‌های شدید و در پی آن سیلاب در حوضه‌های آبریز کشور مشاهده می‌شود. یکی از کارآمدترین روش‌های مقابله با سیلاب استفاده از سامانه‌های پیش‌بینی و هشدار سیل است. ارزیابی و کنترل این سامانه‌ها موجب بهبود عملکرد آن‌ها می‌شود. اهمیت ارزیابی دقت پیش‌بینی هواشناسی به دلیل اهمیت پارامتر بارش در رخداد یک سیلاب است. بارش به عنوان مهم‌ترین پارامتر عامل ایجاد کننده سیل وارد مدل هیدرولوژیکی می‌شود تا سیل حاصل از آن مدل‌سازی شود. از آنجا که بارش دارای عدم قطعیت است و مدل‌های پیش‌بینی بارش و سیل دارای خطاهای سیستماتیک هستند، نیاز به ارزیابی مدل‌ها احساس می‌شود. در این مقاله در قالب یک مطالعه موردی عملکرد دو مدل هواشناسی WRF و مدل هیدرولوژیکی STORM بررسی و ارزیابی شده‌اند. منطقه مورد مطالعه تحقیق ۱۰۰ ایستگاه سینوپتیک هواشناسی در حوضه جنوب غرب ایران برای ارزیابی هواشناسی و حوضه سدهای سیمره و کرخه برای ارزیابی مدل هیدرولوژیکی در ماه چهارم سال ۲۰۱۶ (۲۰۱۶/۰۴/۰۸ تا ۲۰۱۶/۰۴/۱۲) می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد هر دو مدل دارای ۳۰ درصد خطا هستند و بارش‌های پیش‌بینی شده خروجی از مدل WRF را نمی‌توان به طور مستقیم وارد مدل‌سازی سیل کرد و نتیجه شد این داده‌ها نیاز به اصلاح دارند.

**کلمات کلیدی:** ارزیابی، پیش‌بینی سیلاب، دقت مدل، هواشناسی، هیدرولوژیکی.





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00870166

## بررسی مشکلات نقاط تقاطعی مسیل‌ها و زیرساخت‌های حمل‌ونقل

شاهین شعبانی<sup>۱\*</sup>، سید رضا موسوی<sup>۲</sup>

۱- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور تهران.

۲- دانشجوی دکتری عمران، دانشگاه پیام نور تهران و کارشناس سیل معاونت حمل‌ونقل.

### چکیده:

نقاط تقاطعی زیرساخت‌های حمل‌ونقل و مسیل‌ها یکی از نقاط آسیب‌پذیر در اثر سیل می‌باشد. در تمامی انواع راه‌ها و راه‌آهن محل تقاطع‌ها به صورت پل، زیرگذر، روگذر و بیل انواع آبروها اجرا می‌شود. همواره ساخت سازه‌های تقاطعی هزینه‌بر بوده است که این امر اهمیت نگهداری و جلوگیری از تخریب آن را بسیار مهم جلوه می‌نماید. با توجه به نوع تقاطع‌ها و شرایط موجود در منطقه و میزان سیلاب‌ها، آسیب‌ها متنوع می‌باشد. در راستای مطالب بیان شده در این پژوهش سعی شده است با استفاده از تجارب پیشین و مطالعات انجام شده در برخی از تعاریف توضیح داده شود سپس با بررسی تعدادی از نقاط تقاطعی ابتدا انواع مشکلات متداول این نقاط بیان و سپس نقاطی از یک استان مشخص بررسی و راهکار اصلاح آن بیان گردید.

**کلمات کلیدی:** نقاط تقاطعی، زیرساخت حمل‌ونقل، سیل، پیش‌بینی و پیشگیری.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران

info@ifmc.ir

www.ifmc.ir

۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



HN-00910056

## محاسبه ضرایب ماسکینگام حوضه جهت روندیابی سیلاب خروجی از ایستگاه ملاثنانی تا ایستگاه هیدرومتری اهواز با استفاده از نرم‌افزار LINGO

مهرنوش شهنی دارابی<sup>۱</sup>، غلامرضا صفرنژادی<sup>۲</sup>، مهرداد اسکندری<sup>۳</sup>، سعید کریمی بهبهانی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری مدیریت منابع آب دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- مدیرعامل شرکت آب غدیر خوزستان.

۳- کارشناسی ارشد مهندسی محیط‌زیست گرایش آب و فاضلاب و مدیر واحد مدیریت بحران و HSE شرکت آب غدیر خوزستان.

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت و معاونت مالی و پشتیبانی شرکت آب غدیر خوزستان.

### چکیده:

کنترل سیلاب‌های مهیب رودخانه‌های دز و کارون از زمان ساخت سدها تاکنون سابقه خوبی داشته است. معمولاً هر دو حوضه دز و کارون که خروجی آن دو در نهایت به شهر اهواز وارد می‌شود، در زمان سیلاب همزمان با یکدیگر فعال شده و لذا کار کنترل سیل باید به نحوی انجام گیرد که ضمن دفع آب مازاد و کنترل مخزن از وارد آمدن خسارت به پایین دست که به شدت آسیب‌پذیر می‌باشد تا حد امکان جلوگیری به عمل آید. همانطور که قبلاً عنوان گردید چون هدف از خروج آب از مخزن، کنترل مخزن و همچنین در نظر گرفتن پایین دست سد به عنوان فاکتوری مهم جهت به وجود آمدن کمترین خسارت ممکن به این منطقه می‌باشد لذا برآورد شدت و زمان وقوع سیلاب امری ضروری می‌نماید. با توجه به اینکه در پایین دست سدهای مخزنی به دلیل توپوگرافی منطقه در صورت خروج آب از سرریز، پخشیدگی سیلاب رخ می‌دهد، با داشتن ضرایب ماسکینگام در هر حوضه می‌توان نسبت به روندیابی سیلاب‌ها در آن حوضه اقدام نمود. حوضه مورد مطالعه پروژه از ایستگاه ملاثنانی تا ایستگاه هیدرومتری اهواز می‌باشد. جهت محاسبه ضرایب ماسکینگام حوضه با در دست داشتن آمار سیلاب سال‌های گذشته و کالیبراسیون آن‌ها در نرم‌افزار بهینه‌یابی LINGO، و به حداقل رساندن میزان اختلاف دبی‌های مشاهداتی و محاسباتی در تابع هدف برنامه می‌توان به ضرایب K, X دست یافت.

کلمات کلیدی: سیلاب، ضرایب ماسکینگام، نرم‌افزار LINGO، ملاثنانی، اهواز.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00930093

## تحلیل و تعیین عوامل مؤثر بر ضریب رواناب شهری و تأثیر آن در سیلاب شهری؛ مطالعه موردی: منطقه ۴ تهران

اکبر مختارپور<sup>۱</sup>، سعیدرضا خداشناس<sup>۲\*</sup>، کامران داوری<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دوره دکترای رشته علوم و مهندسی آب، سازه‌های آبی، پردیس بین‌الملل دانشگاه فردوسی مشهد؛

akbar.mokhtarpour@gmail.com

۲- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ khodashenas@ferdowsi.um.ac.ir

۳- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

### چکیده:

با پیشرفت جوامع و توسعه حریم شهرها، سطوح غیرقابل نفوذ آن‌ها در حال افزایش است و موجب افزایش ارتفاع و حجم رواناب می‌شود. در عصر حاضر با توسعه شهرها و افزایش سطوح نفوذناپذیر، ارتفاع و حجم رواناب شهری افزایش یافته است. لذا کنترل سیلاب در مناطق شهری همواره دغدغه طراحان و مدیران بوده است. تهران با مساحت ۷۰۰ کیلومترمربع و با جمعیت ۱۲ میلیون نفر دارای سیستم زهکشی است که ناشی از توسعه ناهمگون و بدون توجه به معیارهای شهرسازی می‌باشد. افزایش سطوح نفوذناپذیر و توسعه شهری، رژیم هیدرولوژیکی منطقه را تغییر داده که باعث تشدید سیلاب‌های شهری می‌گردد. سیستم زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی تهران در حد گسترده‌ای از شیب زمین تبعیت نموده و این موضوع در نواحی شمالی شهر مشهودتر است. در این تحقیق، ضریب رواناب منطقه ۴ تهران به عنوان حوضه آبریز شرق تهران با مساحتی حدود ۶۱٫۴ کیلومترمربع برای تخمین مؤلفه‌های فیزیکی زیرحوضه‌ها، هیدرولیکی مجاری و انجام محاسباتی مانند میانگین وزنی، تهیه نقشه‌های کاربری و زیرحوضه‌بندی از طریق سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) محاسبه گردیده تا با لحاظ میزان تأثیرگذاری چهار پارامتر شیب، ضریب زبری، CN و نفوذناپذیری میزان افزایش ضریب رواناب تعیین و در محاسبات هیدرولوژیکی با روش‌های مختلف تعدیل سیلاب شهری با مدل SWMM مورد استفاده قرار گیرد.

**کلمات کلیدی:** ضریب رواناب، سیلاب شهری، شبکه زهکشی شهری، سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS.



سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦ info@ifmc.ir  
♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۳  
www.ifmc.ir



HN-00940085



## انتخاب بهترین توزیع آماری و شبیه‌سازی سیلاب رودخانه باراندوزچای با استفاده از نرم‌افزارهای GIS، HEC-RAS، HEC-GeoRAS، EasyFit

سید جمیل قادری<sup>۱\*</sup>، دانا حبیبی<sup>۲</sup>

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، گروه عمران مهاباد؛ Ghaderi.jamil@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد واحد مهاباد، گروه عمران مهاباد؛ Dana.dansh@yahoo.com

### چکیده:

در این تحقیق کاربرد مدل‌های GIS، HEC-GeoRAS و HEC-RAS در شبیه‌سازی سیلاب رودخانه باراندوز مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور با انتخاب بازه‌ای از رودخانه باراندوز و با استفاده از نرم‌افزار EasyFit و با توجه به آزمون‌های کای اسکوتر، کولموگروف-اسمیرنوف و آندرسون دارلینگ توزیع گامبل به عنوان بهترین توزیع آماری انتخاب گردید و پس از انجام آزمون نیکوئی برازش حداکثر سیلاب‌های لحظه‌ای با دوره بازگشت‌های ۲، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ساله محاسبه گردید و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، مدل TIN و DEM در محیط GIS تهیه شد. پس از ترسیم مقاطع عرضی رودخانه در HEC-GeoRAS و وارد کردن مقادیر بیشینه سیلاب به HEC-RAS شبیه‌سازی سیلاب رودخانه باراندوز انجام گرفت و نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب تهیه شد. نتایج نشان داد که هرچه سطح مقطع جریان افزایش می‌یابد سرعت آب و ارتفاع سطح آب کاهش پیدا می‌کند. بررسی نتایج نشان می‌دهد که مدل‌های GIS، HEC-RAS، HEC-GeoRAS و EasyFit در شبیه‌سازی سیلاب کارایی زیادی دارند و استفاده از آن‌ها در مدیریت و برنامه‌ریزی نواحی مسکونی قابل توجه است.

**کلمات کلیدی:** رودخانه باراندوز، بهترین توزیع آماری و شبیه‌سازی سیلاب، EasyFit، GIS، HEC-RAS.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-00950106

## بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر تولید رواناب با استفاده از مدل WetSpa

مریم عباس‌زاده<sup>۱\*</sup>، محمدرضا یزدانی<sup>۲</sup>، علی اصغر ذوالفقاری<sup>۳</sup>، مجید محمدی<sup>۴</sup>

۱- کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی گرایش بیابان‌زدایی، دانشگاه سمنان.

۲- دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی و بیابان‌زدایی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان.

۳- استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی و مدیریت مناطق خشک، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان.

۴- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه سمنان.

### چکیده:

یکی از موضوعات مهم در مدیریت منابع طبیعی کاربری اراضی است و امروزه تبدیل منابع طبیعی به زمین‌های کشاورزی و مناطق مسکونی برای بسیاری از کشورهای دنیا به مشکلی اساسی تبدیل شده است. تغییرات کاربری اراضی فرآیندهای مختلف هیدرولوژیکی از جمله میزان نفوذ، آب پایه، تغذیه آب‌های زیرزمینی و رواناب سطحی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. هدف اصلی ما در این پژوهش، ارزیابی تأثیرات تغییر کاربری اراضی بر رواناب کل، رواناب سطحی و دبی اوج در حوزه آبخیز حبله رود در استان تهران است. نقشه کاربری اراضی برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۴ با استفاده از یک روش ترکیبی و تصاویر ماهواره لندست تهیه شد. شبیه‌سازی رواناب در مقیاس روزانه برای ۸ سال (۵ سال واسنجی و ۳ سال اعتبار‌سنجی) با استفاده از مدل WetSpa و برای نقشه‌های کاربری سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۴ انجام شد.

کلمات کلیدی: رواناب، کاربری اراضی، مدل WetSpa، حوزه آبخیز حبله رود.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



HN-00960059



## بررسی ملاحظات پدافند غیرعامل در مدیریت سیلاب‌ها در شهرک‌های صنعتی؛ نمونه موردی: بررسی شهرک صنعتی دارویی برکت

محمد قندهاری<sup>۱</sup>، شریف مطوف<sup>۲\*</sup>، علیرضا عندلیب<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد طراحی شهری، گروه شهرسازی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- استادیار مدعو، گروه شهرسازی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳- دانشیار، گروه شهرسازی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

### چکیده:

پدافند غیرعامل به مجموعه اقداماتی اطلاق می‌گردد که مستلزم به‌کارگیری جنگ‌افزار نبوده و در واقع صلاح‌آمیزترین و معقول‌ترین روش دفاعی است که کاهش خسارات مالی به تجهیزات و تأسیسات حیاتی و حساس نظامی و غیرنظامی و تلفات را به دنبال دارد. از آنجایی که کشور ما ایران دارای تعدد اقلیم در سرتاسر کشور و مستعد آسیب‌های مختلف طبیعی می‌باشد، لذا مسئله پیش‌بینی و پیش‌گیری این صدمات و آسیب‌های طبیعی امری معقول و درخور تأمل و اقدام جدی مسئولان می‌باشد. یکی از این بلایای طبیعی سیلاب می‌باشد که در این پژوهش به تأثیر آن در شهرک‌های صنعتی پرداخته شده است. مقوله مدیریت سیلاب نیز از جمله مسائلی است که می‌تواند راهکارهایی برای کاهش خسارت ناشی از سیلاب را ارائه دهد و همچنین قبل از وقوع چنین حوادثی تمهیداتی را برای جلوگیری از ایجاد خسارت‌های جبران‌ناپذیر و تحمیل هزینه‌ها به مردم و دولت و همچنین آسیب‌های روانی که به خسارت دیدگان وارد می‌شود را مانع شود.

**کلمات کلیدی: پدافند غیرعامل، مدیریت سیلاب، شهرک‌های صنعتی.**



HN-00980064

## تعیین بازه‌های طغیانی رودخانه دره گپ گناوه با استفاده از مدل هیدرولوژیکی حوضه آبریز (HEC-HMS) و سیستم آنالیز رودخانه (HEC- RAS)

محمدابراهیم بهبهانی<sup>۱\*</sup>، حسین تقی‌زاده<sup>۲</sup>

۱- رئیس گروه مطالعات آب‌های سطحی شرکت سهامی آب منطقه‌ای بوشهر؛ mebehbahani1979@yahoo.com

۲- مدیر دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت سهامی آب منطقه‌ای بوشهر؛ Hosseintaghizadeh60@gmail.com

### چکیده:

رودخانه دره گپ که در شمال و شمال شرقی شهرستان گناوه جریان دارد که مهم‌ترین رودخانه‌این شهرستان به حساب می‌آید. این رودخانه دارای رژیم سیلابی بوده و از نظر درجه اهمیت در بالادست مناطق کشاورزی و جمعیتی واقع شده است. در این تحقیق بازه‌های تحت تأثیر طغیان رودخانه با استفاده از تلفیق مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی حوضه آبریز و رودخانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) شبیه‌سازی شده است. در این راستا اطلاعات مربوط به مدل حوضه (BasinModel) و مدل بارش (Meteorology Model) به مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS معرفی شد و پس از مدل‌سازی هیدرولوژیکی و تعیین سیلاب در دوره‌های برگشت مختلف و اطمینان از صحت نتایج مدل هیدرولوژیکی با مقایسه نتایج خروجی با روش تجربی- منطقه‌ای، اقدام به تهیه مدل هیدرولیکی بازه ۲۶ کیلومتری رودخانه با استفاده از مدل سیستم آنالیز رودخانه HEC-RAS گردید. با ورود داده‌های هندسی مدل، بده جریان سیل در فرکانس‌های مختلف، میزان ضریب مانینگ، اطلاعات سازه‌های مقاطع رودخانه‌ای و شرایط مرزی به مدل هیدرولیکی، مدل اجرا و با توجه به ضریب زبری مصالح کف رودخانه صحت‌سنجی شد. پس از اطمینان از نتایج خروجی مدل، اقدام به پهنه‌بندی سیل ۲۵ ساله در بازه مورد مطالعه شد و پارامترهای عمق و سطح آب در بازه رودخانه استخراج گردید. با توجه به مقاطع عرضی رودخانه و پروفیل‌های سطح آب در مقاطع مختلف، تعداد پنج بازه سیلگیر در محدوده مورد مطالعه مشخص شده است.

**کلمات کلیدی:** مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS، مدل هیدرولیکی سیستم آنالیز رودخانه HEC-RAS، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، رودخانه دره گپ.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت آب

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران





## ارتقای برنامه‌های راهبری مدیریت بحران در سیلاب: تجربیات، چالش‌ها و پیشنهادها

محمد زنگویی<sup>۱\*</sup>، سید مهدی افضل‌نیا<sup>۲</sup>، ابراهیم علامتیان<sup>۳</sup>، محمدحسین جعفری<sup>۴</sup>

- ۱- کارشناس پدافند غیرعامل شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی.
- ۲- مدیریت بحران و پدافند غیرعامل شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی.
- ۳- استادیار گروه عمران، موسسه آموزش عالی خاوران.
- ۴- مدیرعامل و رئیس هیئت مدیره عامل شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی.

### چکیده:

در طول تاریخ وقوع سیل همواره جزئی حوادث پرخطر و زیان‌بار بوده و باعث ایجاد بحران شده و عموماً خسارات زیادی را در پی داشته است. تحقیق پیش‌رو به بررسی و مستندسازی رخداد سیلاب جمعه بیست مرداد ۱۳۹۶ در خراسان رضوی از لحاظ آسیب‌شناسی، خسارات مالی و جانی، آمار و اطلاعات، نقش مدیریت بحران در کنترل سیلاب پرداخته است. این سیل در حوزه‌های آبریز ایده‌لیک، لایین، بابا رمضان، کشف رود، اورتکند، قره‌سو، درونگر، تیرگان، درونگر، خرو، سرولایت، چهل میر و قوزان چای با دبی‌های ۵ تا ۲۵۰ مترمکعب بر ثانیه، اتفاق افتاد و باعث ایجاد تلفات انسانی ۸ نفر، خسارات خودرو ۱۲۱ دستگاه، خسارات کشاورزی حدود ۳۰۰ میلیارد ریال و ۱۶۲ میلیارد ریال خسارت تأسیسات آبی شد. بررسی این سیل از جوانب و زوایای مختلف و با تحلیل فنی و کارشناسی درس آموخته‌های آن منجر به ارتقای سطح برنامه‌های راهبری مدیریت بحران می‌شود.

**کلمات کلیدی:** مدیریت سیلاب، بحران، درس آموخته‌ها، رودخانه.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01020073

## توسعه مدل عددی مبتنی بر روش حجم محدود به منظور مدل سازی امواج سیلابی ناشی از شکست سد با قابلیت در نظر گرفتن بستر خشک و اثرات آشفستگی

ابراهیم علامتیان<sup>۱\*</sup>، سید مهدی افضل‌نیا<sup>۲</sup>، محمد زنگوئی<sup>۳</sup>

۱- استادیار گروه عمران، موسسه آموزش عالی خاوران؛ E.alamatian@profs.mail.khi.ac.ir

۲- کارشناس ارشد عمران-مدیریت پروژه، مدیر بحران و پدافند غیرعامل سازمان آب منطقه‌ای خراسان رضوی.

۳- کارشناس پدافند غیرعامل سازمان آب منطقه‌ای خراسان رضوی.

### چکیده:

مدل سازی جریان در رودخانه‌ها همواره یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های متولیان و مدیران بخش آب کشور بوده است. یکی از پیچیده‌ترین حالات جریان در رودخانه‌ها، جریان ایجاد شده ناشی از شکست سدها می‌باشد. در اثر شکست سد، جریان به صورت موجی با سرعت بالا در رودخانه ایجاد می‌شود. نحوه گسترش موج جریان بخصوص در بستر خشک رودخانه‌ها از چالش‌های دینامیک سیالات محاسباتی می‌باشد. در این مقاله، معادلات حاکم بر جریان، در حالت متوسط عمقی و با در نظر گرفتن اثرات آشفستگی، با استفاده از روش مرتبه دوم حجم محدود Roe بر روی شبکه بی‌سازمان چهاروجهی با نظر گرفتن اثرات جبهه خشک جریان، حل می‌شوند. نتایج این مدل سازی نشان می‌دهد که مدل توسعه داده شده با دقت مناسبی قابلیت پیش‌بینی جبهه موج ناشی از شکست سد در رودخانه را دارا می‌باشد. آزمون‌هایی عددی انجام شده کارایی مدل را برای مدل سازی توالی خشک و تر شدن در یک رودخانه نشان می‌دهد.

**کلمات کلیدی:** مدل سازی عددی، معادلات آب‌های کم‌عمق، بستر خشک و تر، آشفستگی.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦♦♦ info@ifmc.ir  
♦♦♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir



HN-01030067



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

## بررسی آبخیزداری شهری به‌عنوان رویکردی نوین در کنترل سیلاب‌ها به‌منظور مدیریت توسعه پایدار شهری

یزدان یاراحمدی، حسین یوسفی\*، محمدحسین جهانگیر

دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران.

Hosseinyousefi@ut.ac.ir\*

### چکیده:

امروزه با توسعه شهرنشینی و گسترش شهرها موضوع مدیریت حوضه‌های شهری بیش‌ازپیش مورد توجه قرار گرفته است. شهرسازی باعث به هم زدن تعادل اکولوژیک حوضه‌ها، روند پایدار هیدرولوژیکی و افزایش نفوذناپذیری آنان شده است. به هر اندازه که سطح شهرها افزایش می‌یابد به همان نسبت شبکه هیدروگرافی حوضه، آب‌های سطحی حوضه و آب‌های زیرزمینی حوضه در حال تغییر می‌باشد؛ بنابراین اعمال مدیریت در حوضه‌های شهری نیازمند لحاظ تمهیدات ویژه‌ای است که در قالب آبخیزداری شهری مطرح می‌شود. در دهه‌های اخیر موضوع حوضه آبخیز شهری به‌عنوان مفهومی که نشان دهنده پیوند اکولوژیکی تمدن انسان با انسان با طبیعت است در برنامه‌ریزی و مدیریت توسعه شهرها مطرح شده است. دستیابی به توسعه پایدار شهری نیازمند طراحی مدل‌های توسعه سازگار با محیط‌زیست است. آبخیزداری یک دانش کاربردی به‌منظور بهره‌برداری پایدار و منابع زیستی در کلان‌شهرهایی همچون تهران محسوب می‌شود. توجه به آبخیزداری شهری به‌عنوان یک زیرشاخه از آبخیزداری برای مدیریت شهری یک ضرورت است. مطالعه حاضر قصد دارد تا به دست‌یابی به یک چارچوب مطالعاتی منسجم و مؤثر در برنامه‌ریزی و مدیریت راهبردی حوضه‌های آبخیز شهری و پرداختن به ابعاد اکولوژیکی آن‌ها، رویکردی جدیدی را در حل مسائل زیست‌محیطی مبتلا به شهری و تحقق اهداف پایداری در توسعه شهری معرفی نماید.

**کلمات کلیدی: توسعه پایدار شهری، مدیریت سیلاب، آبخیزداری شهری، مدیریت جامع**

**سیلاب.**



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01050068

## ارزیابی تأثیر اقلیم بر روی بهترین توزیع آماری در آنالیز فراوانی دبی حداکثر سیلاب

معصومه خسروی چنار<sup>۱</sup>، محمدتقی دستورانی<sup>۲\*</sup>، ابوالفضل مساعدی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد؛ khorsavi.ma94@gmail.com

۲- استاد دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد؛ dastorani@um.ac.ir

۳- استاد دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد؛ mosaedi@um.ac.ir

### چکیده:

مسئله‌ای که در آینده‌ای نه چندان دور بخش‌های عمده‌ای از جهان از جمله ایران با آن مواجه خواهند شد کمبود منابع آب می‌باشد لذا باید مدیریت دقیق و اساسی در این زمینه صورت گیرد. لازمه اجرای طرح‌های مدیریت منابع آب برآورد دقیق مقدار دبی حداکثر لحظه‌ای رودخانه‌ها است. روش‌های مختلفی جهت برآورد دبی وجود دارد که یکی از این روش‌ها، استفاده از توزیع‌های آماری می‌باشد ولی از آنجایی که کشور ایران دارای مناطق اقلیمی متفاوت می‌باشد جهت برآورد دبی، شناخت بهترین توزیع آماری متناسب با هر اقلیم ضروری است. لذا تحقیق حاضر جهت تعیین بهترین توزیع آماری در استان‌های خراسان رضوی، خراسان شمالی، گلستان، مازندران و گیلان که دارای اقلیم‌های متفاوت هستند، صورت گرفت در این پژوهش با استفاده از ۴۰ سال آمار دبی حداکثر لحظه‌ای ۱۸ ایستگاه هیدرومتری و با استفاده از نرم‌افزار Easyfit توزیع‌های آماری مناسب با داده‌ها، برازش یافت. نتایج نشان داد که در استان خراسان رضوی توزیع‌های Burr, Fatigue Life (3P) و Log-Fatigue Life، در استان خراسان شمالی توزیع‌های Log-Burr, Fatigue Life (3P) و Logistic (3P)، در استان گلستان، توزیع‌های Frechet (3P)، Burr (4P)، Gen. Inv. Gaussian (3P)، Wakeby، Extreme Value و Log-Gamma، در استان مازندران، توزیع‌های Gen. Pareto، Wakeby، Log-Logistic (3P)، Log-Logistic (3P)، Gen. Logistic و در استان گیلان Wakeby، Rayleigh (2P) مناسب‌ترین توزیع‌های برازش یافته می‌باشند. این نتایج نشان‌دهنده آن است



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦♦♦ info@ifmc.ir ♦♦♦  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir

با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب



5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۴۰۳-۹۶۱۷۰

که نوع بهترین توزیع آماری برای داده‌های هیدرولوژی تابع اقلیم بوده و در هر شرایط اقلیمی متناسب با داده‌های آن بایستی بهترین توزیع شناسایی و مورد استفاده قرار گیرد.

**کلمات کلیدی: توزیع‌های آماری، دبی حداکثر لحظه‌ای، اقلیم، پیش‌بینی جریان، نرم‌افزار Easyfit.**



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۵  
www.ifmc.ir ♦ info@ifmc.ir



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01050072

## بررسی تأثیر طول دوره آماری هیدرولوژیکی بر دقت پیش‌بینی جریان‌های سیلابی

معصومه خسروی چنار<sup>۱</sup>، محمدتقی دستورانی<sup>۲\*</sup>، ابوالفضل مساعدی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد؛ khorsavi.ma94@gmail.com

۲- استاد دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد؛ dastorani@um.ac.ir

۳- استاد دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد؛ mosaedi@um.ac.ir

### چکیده:

به بسیاری از موارد از جمله طرح‌های مدیریت منابع آب، روش‌های کنترل سیلاب، عملیات آبخیزداری و سدسازی می‌توان اشاره کرد که لازم‌اجرای آن‌ها برآورد مقدار دبی طرح با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده جریان می‌باشد. در این راستا کامل بودن اطلاعات از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. متأسفانه در کشور ما ایران به دلایل مختلف بعضی داده‌ها در ایستگاه‌ها ثبت نگردیده که موجب بروز نواقص آماری می‌گردد و مشکلاتی را در امر تجزیه و تحلیل ایجاد می‌نماید؛ بنابراین به ناچار در برآورد دبی مجبور به استفاده از آمار کوتاه مدت می‌باشیم. در این خصوص میزان تأثیر طول دوره آماری موجود روی دقت برآورد دبی سیلاب در فرآیند آنالیز فراوانی نکته مهمی است که بایستی روشن گردد. در تحقیق حاضر جهت بررسی تأثیر طول دوره آماری مورد استفاده روی دقت پیش‌بینی سیلاب ابتدا آمار به سری‌های مختلف تقسیم و در هر سری اقدام به آنالیز فراوانی دبی حداکثر لحظه‌ای گردید. سپس از طریق پارامترهای خطا مانند ضریب کارایی نش (NS)، ضریب همبستگی (R) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و درصد خطای مطلق دقت نتایج آنالیز فراوانی با دبی‌های مشاهده‌ای و مبنا سنجیده شد. نتایج نشان داد با افزایش طول دوره آماری میزان خطا کاهش می‌یابد ولی میزان این کاهش بسته به شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه و نیز نوع توزیع استفاده شده متفاوت است.

کلمات کلیدی: دبی حداکثر لحظه‌ای، دقت پیش‌بینی، دوره آماری، پارامترهای خطا.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦ info@ifmc.ir  
♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir



## کاربرد تکنیک شبکه عصبی مصنوعی در برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب و مقایسه آن با روش‌های تجربی؛ مطالعه موردی: حوضه‌های آبخیز شمال نیشابور

محمدحسین جهانگیر<sup>۱\*</sup>، هادی روحی‌طرقی<sup>۲</sup>

۱- استادیار گروه انرژی‌های نو و محیط‌زیست، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، mh.jahangir@ut.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد اکوهیدرولوژی، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، hadi.roohi@ut.ac.ir

### چکیده:

سیل از جمله پدیده‌های طبیعی است که هرساله خسارات جانی و مالی زیادی را در دنیا و از جمله ایران به بار آورده و مشکلات عدیده‌ای را بر سر راه توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها ایجاد می‌نماید. تغییر اقلیم و گرمایش زمین حاصل از عوامل انسانی، عدم پراکنش منظم ریزش‌های جوی و از بین رفتن پوشش گیاهی به عنوان مهم‌ترین عوامل تشدیدکننده سیل می‌باشند که در دهه‌های اخیر در سطح کره زمین بیشتر خودنمایی می‌کنند. بررسی سیلاب و روش‌های برآورد دبی سیلاب به علت اهمیت فراوان موضوع در جلوگیری از خسارات مالی و جانی، بحث هیدرولوژی آب‌های سطحی و در نهایت تأثیر در هیدرولوژی آب‌های زیرزمینی و آبخوان‌ها و منابع آبی از مسائل درجه اول منطقه‌ای، کشوری و جهانی می‌باشد. از جمله روش‌های برآورد دبی اوج لحظه‌ای، روش‌های تجربی شامل رابطه دوم Fuller، Sangal، Fill و Steiner و روش شبکه عصبی مصنوعی می‌باشند که مدل شبکه عصبی نسبت به روش‌های دیگر به دلیل روشی نوین در حل مسائل مهندسی آب و رودخانه‌ها و داشتن دقت و سرعت کافی در برآورد دبی اوج لحظه‌ای دارای مزیت و برتری می‌باشد. هدف از انجام این تحقیق مقایسه کارایی روش شبکه عصبی مصنوعی و روش‌های تجربی در برآورد دبی اوج لحظه‌ای در تعدادی از ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه‌های آبخیز شمال شهرستان نیشابور واقع در استان خراسان رضوی می‌باشد. برای این منظور آمار دبی حداکثر روزانه و دبی اوج لحظه‌ای پنج ایستگاه هیدرومتری در طی یک دوره آماری ۳۰ ساله





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

جمع‌آوری شد و پس از رفع نواقص آماری و حذف داده‌های پرت، مقادیر دبی اوج لحظه‌ای بها استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی و روش‌های تجربی ذکر شده در نرم‌افزار متلب برآورد شدند. سپس نتایج به دست آمده از روش شبکه عصبی مصنوعی و روش‌های تجربی ذکر شده براساس معیارهای RMSE، MAE و R2 مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که دامنه R2 در مدل شبکه عصبی بین ۰/۸۰ تا ۰/۹۶، در روش رابطه دوم Fuller ۰/۳۶ تا ۰/۶۸، در روش Sangal ۰/۴۶ تا ۰/۷۴ و در روش Fill و Steiner ۰/۳۸ تا ۰/۸۲ می‌باشد. باتوجه به اینکه مقدار R2 بالاتر نشان دهنده دقت بیشتر و خطای کمتر مدل می‌باشد لذا برآوردهای شبکه عصبی در مقایسه با روش‌های تجربی دارای دقت بالاتر و خطای پایین‌تر بوده و توانسته است تغییرات دبی اوج لحظه‌ای را بهتر از روابط تجربی ذکر شده برآورد نماید و مناسب‌ترین و کارآمدترین روش برآورد دبی سیلاب در منطقه مطالعه می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** شبکه عصبی مصنوعی، ایستگاه هیدرومتری، روش‌های تجربی، دبی اوج لحظه‌ای، برآورد دبی سیلاب.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
♦ www.ifmc.ir



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

## ارزیابی پیش‌بینی بارش مدل WRF بر روی حوضه‌های آبریز کرخه و کارون

ابراهیم فتاحی<sup>۱</sup>، عباس رنجبر سعادت‌آبادی<sup>۱</sup>، مهناز کریم‌خانی<sup>۲\*</sup>، تورج جمشیدی<sup>۳</sup>

۱- دانشیار، پژوهشکده هواشناسی، تهران، ایران.

۲- دانشجوی دکتری هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.

۳- دانشجوی دکتری هواشناسی، پژوهشکده هواشناسی، تهران، ایران.

### چکیده:

در این تحقیق جهت بررسی دقت پیش‌بینی بارش مدل WRF با تفکیک‌های افقی متفاوت، خروجی‌های پیش‌بینی بارش مدل برای دو حوضه با تفکیک افقی ۱۲ و ۴ کیلومتر در پنج مورد بارش سنگین منجر به سیلاب (بیشتر از ۵۰ میلی‌متر در ۲۴ ساعت) در حوضه‌های آبریز کرخه و کارون مورد ارزیابی قرار گرفت. ضریب همبستگی، میانگین و بیشینه کل بارش دیدبانی و پیش‌بینی در دو حوضه مدل و درصد خطای هر یک از حوضه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. با در نظر گرفتن دو آستانه بارشی (۱۰-۱/۰ میلی‌متر و بزرگتر از ۱۰ میلی‌متر) و تشکیل جدول توافقی برای دو آستانه ۱۰-۱/۰ میلی‌متر و بزرگتر از ۱۰ میلی‌متر، سنج‌های کلاسیک جهت راستی‌آزمایی پیش‌بینی بارش برای دو حوضه محاسبه شدند. نتایج نشان می‌دهد که پیش‌بینی مدل WRF در حوضه دوم با تفکیک افقی ۴ کیلومتر در مقایسه با حوضه اول با تفکیک افقی ۱۲ کیلومتر از نظر میانگین بارش حوضه‌های آبریز ۷ درصد و از نظر مقدار بیشینه بارش ۵ درصد بهبود داشته است. همچنین سنج‌های کلاسیک نشان دادند که پیش‌بینی بارش مدل WRF برای حوضه با تفکیک افقی ۴ کیلومتر دقت بیشتری داشته و توانایی مدل در پیش‌بینی بارش‌های بیشتر از ۱۰ میلی‌متر بهتر است.

**کلمات کلیدی:** مدل WRF، تفکیک افقی، میانگین بارش، بیشینه بارش، سنج‌های کلاسیک.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01070078

## پیش‌بینی و راستی‌آزمایی بارش مدل WRF در نیمه شمالی کشور

عباس رنجبر سعادت‌آبادی<sup>۱</sup>، مهناز کریم‌خانی<sup>۲\*</sup>، ابراهیم فتاحی<sup>۱</sup>

۱- دانشیار، پژوهشکده هواشناسی، تهران، ایران.

۲- دانشجوی دکتری هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.

### چکیده:

در این تحقیق با استفاده از مقادیر بارش دیدبانی شده و خروجی‌های بارش مدل WRF در ۳۰ مورد بارشی در نیمه شمالی کشور برای ۷۰ ایستگاه هواشناسی همدیدی، راستی‌آزمایی انجام شد. در ابتدا چهار آستانه ۵-۱۰، ۱۰-۱۵، ۱۵-۲۰ و بزرگتر از ۲۰ میلی‌متر برای بارش در نظر گرفته شد. با استفاده از تشکیل جدول توافقی دو دویی و همچنین محاسبه کمیت‌های عددی نسبت صحیح، هشدارهای نادرست، آهنگ برخورد، اریبی و آهنگ هشدارهای تقلبی و همین‌طور امتیازهای مهارتی هایدکه، پیرس و گیلبرت برون‌داد مدل و دیدبانی با هم مقایسه شدند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که توانایی مدل در پیش‌بینی بارش‌های بیشتر از ۱۵ میلی‌متر بالاتر و بهتر بوده است، همچنین مهارت مدل در پیش‌بینی بارش بزرگتر از ۱۵ میلی‌متر نسبت به آستانه اول (۵-۱۰ میلی‌متر) در حدود ۳۱٪، نسبت به آستانه دوم (۱۰-۱۵ میلی‌متر) در حدود ۴۷٪ و نسبت به آستانه سوم (۱۵-۲۰ میلی‌متر) در حدود ۵۳٪ دقت بیشتری داشته است.

**کلمات کلیدی:** مدل WRF، راستی‌آزمایی، کمیت‌های عددی، امتیازهای مهارتی.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران

info@ifmc.ir

www.ifmc.ir

۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



HN-01090075



## برانبارش داده‌های لرزه‌ای با استفاده از همبستگی موضعی به کمک نرم‌افزار متلب

نادر دستنبو<sup>۱</sup>، نیما دستنبو<sup>۲</sup>

۱- لیسانس رشته عمران از دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج؛ Dastanboo.nader@gmail.com

۲- فوق‌لیسانس رشته ژئوفیزیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران؛ Nima.dastanboo@yahoo.com

### چکیده:

برانبارش یک نقش مهمی را در بهبود نسبت سیگنال به نوفه و کیفیت تصویر داده‌های لرزه‌ای بازی می‌کند. هرچند برای پوشش با فولد کم پروفیل‌های لرزه‌ای، نتیجه برانبارش متداول همیشه رضایت‌بخش نیست. برای بررسی این مشکل، ما یک روش برانبارش که در آن از همبستگی موضعی همچون یک وزنی برای برانبارش مجموعه نقاط میانی مشترک بعد از پردازش NMO یا مجموعه نقاط تصویر مشترک بعد از مهاجرت قبل از برانبارش استفاده شده است را با استفاده از نرم‌افزار متلب گسترش می‌دهیم. استفاده از این روش روی داده‌های مصنوعی و واقعی نشان می‌دهد که برانبارش با استفاده از همبستگی موضعی در از بین بردن نوفه‌های تصادفی و آثار مصنوعی که در دیگر روش‌های برانبارش وجود دارد، خیلی مؤثر است.

**کلمات کلیدی:** برانبارش، تصویر داده‌های لرزه‌ای، نقاط میانی مشترک، نرم‌افزار متلب، از بین بردن نوفه‌های تصادفی.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01100079

## اعتبارسنجی روش‌های تعیین دبی زیست‌محیطی رودخانه؛ مطالعه موردی: رودخانه کرج

سوگند بیات<sup>۱</sup>، کیومرث ابراهیمی<sup>۲\*</sup>

۱- سوگند بیات، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه تهران؛ [sogand.bayat@ut.ac.ir](mailto:sogand.bayat@ut.ac.ir)

۲- کیومرث ابراهیمی، استاد دانشگاه تهران؛ [EbrahimiK@ut.ac.ir](mailto:EbrahimiK@ut.ac.ir)

### چکیده:

امروزه فعالیت‌های انسانی نظیر ساخت سدها مهم‌ترین عامل تغییر در رژیم طبیعی رودخانه‌ها جریان و چرخه آبی است. یکی از مهم‌ترین چالش‌های مدیران و دانشمندان حوزه علوم آب محاسبه جریان‌های متغیر طبیعی رودخانه و درک اهمیت حفاظت از منابع آب و تنوع زیستی و زیست‌بوم وابسته به جریان رودخانه است. جریان زیست‌محیطی توصیفی از زمان، کیفیت و مقدار جریان آب موردنیاز برای حفظ آب شیرین و اکوسیستم رودخانه و رفاه انسان و معیشت وابسته به آب است. به علت وجود دخالت‌های انسانی در رژیم طبیعی رودخانه تعیین مقدار موردنیاز آب زیستی امری بسیار مشکل و تأمل‌برانگیز است. در مقاله حاضر جریان زیست‌محیطی برای رودخانه کرج در ایستگاه سیرا از سال ۳۳ تا ۹۲ با استفاده از چهار روش هیدرولوژیکی تنانت، پایه آبریان، تسمن، تحلیل منحنی تداوم جریان برآورد شده است. براساس نتایج، روش تسمن به عنوان روش برتر، انتخاب شد.

**کلمات کلیدی:** اکوسیستم، جریان زیست‌محیطی، رودخانه کرج، هیدرولوژیکی، تسمن.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir

۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



HN-01120080



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

## شبیه‌سازی روند بیشینه سیلاب محتمل به روز شده با تغییرات اقلیم و کاربری اراضی بر سازه، مخزن و سرریز در طرح‌های اصلاح و بازسازی سد

پژمان طاهری قزوینی<sup>۱\*</sup>، حسین حسن‌پور درویشی<sup>۲</sup>

۱- استادیار، ایران، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرقدس، مهندسی و مدیریت منابع آب، گروه مهندسی عمران.

۲- دانشیار، ایران، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرقدس، مهندسی و مدیریت منابع آب، گروه مهندسی عمران.

### چکیده:

در برنامه‌های بلندمدت توسعه منطقه‌ای افزایش ظرفیت یا افزایش کاربری سدها در برخی موارد نیاز می‌باشد. به همین دلیل برنامه بازسازی سد مطابق با انتظارات طراحی شده در دستور کار قرار می‌گیرد که نیازمند شبیه‌سازی هیدرولوژیکی و کنترل کارکرد ایمنی سد و سازه‌ای آن است. با این هدف مطالعات تعیین کفایت سرریزهای خروجی از جنبه بروز بیشینه سیلاب محتمل و عدم سرریز شدن سازه تاج سد الزامی است. مقاله حاضر بازگو کننده مطالعه‌ای با همین هدف در یک سد با هسته خاکی و قدمت بیش از ۶۰ سال است. در این میان پارامترهای مهم از جمله تغییرات اقلیم و کاربری اراضی در حوزه آبریز سد و همچنین روش صحیح و متناسب برای محاسبه بیشینه سیلاب محتمل به روز شده، در کنار انتخاب روش روندیابی بیشینه سیلاب محتمل نقش انکارناپذیری در کاهش خطای ارزیابی داشتند. نتایج حاصل نشان داد که روش بکار گرفته شده در این مطالعه، در صورت توجه به جزئیات یادشده و نیز استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مناسب در کنار پایش مدل شبیه‌سازی شده برای ارتقاء صحت نتایج، برای موارد مشابه در سایر حوزه‌ها قابل توصیه است.

**کلمات کلیدی:** حداکثر سیلاب محتمل، روندیابی سیل، سرریز سد، تغییرات اقلیمی، کاربری اراضی.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01140116

## مقایسه عملکرد مدل‌های هیدرولوژی HEC-HMS و SWMM در شبیه‌سازی رواناب شهری؛ مطالعه موردی: حوضه آبریز مسیل نودره

عادل دستجردی<sup>۱\*</sup>، هادی نامقی<sup>۲</sup>

۱- کارشناسی ارشد، آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد؛ adeldastjerdi@yahoo.com

۲- استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد؛ nameghi@mshdiau.ac.ir

### چکیده:

به منظور پیش‌بینی پاسخ یک حوضه از رویدادهای بارش، روش‌های مختلفی وجود دارد که از میان آن‌ها مدل‌های هیدرولوژی به دلیل در اختیار قرار دادن اطلاعات کامل و دقیق و تسریع در نتیجه‌دهی، دارای برتری می‌باشد. پیچیدگی در محیط شهری و کمبود داده‌های توپوگرافی و هیدرولوژیکی دقیق موردنیاز، باعث شده امکان اندازه‌گیری همه کمیت‌های موردنیاز برای بررسی واکنش حوضه میسر نباشد؛ بنابراین انتخاب یک مدل هیدرولوژی مناسب با کاربری آسان و ورودی‌های قابل دسترس از میان مدل‌های متنوع موجود جهت شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب که بتواند در عین سادگی ساختار و با استفاده از حداقل اطلاعات ورودی موردنیاز، رواناب متناظر با بارندگی در حوضه را با دقت بالا شبیه‌سازی کند، ضروری است. انتخاب مدل نیاز به تشخیص قابلیت و محدودیت مدل‌های هیدرولوژی دارد، ازاین‌رو در این مقاله عملکرد دو مدل بارش-رواناب HEC-HMS و SWMM که کاربرد وسیعی در مطالعات سیل‌خیزی و جمع‌آوری رواناب شهری دارند، در شبیه‌سازی رواناب حوضه نودره مورد مقایسه قرار گرفت. در این مقاله تحلیل حساسیت پارامترهای دو مدل انجام شد و پارامترهای حساس تعیین شد. حوضه‌بندی و پارامترهای موردنیاز مدل‌ها، در محیط ArcGIS و با استفاده از ابزارهای آن تهیه و شبیه‌سازی بارش-رواناب حوضه توسط هر دو مدل انجام شد. مقایسه نتایج بیانگر این است که میزان رواناب محاسبه شده توسط دو مدل در دوره بازگشت‌های پایین اختلاف کمی با هم دارند و با افزایش دوره بازگشت اختلاف نتایج بیشتر می‌شود.

**کلمات کلیدی:** رواناب شهری، مدل بارش-رواناب، حوضه نودره، HEC-HMS، SWMM.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶





HN-01160108

## ارزیابی و مقایسه چند الگو فرا ابتکاری در تحلیل رابطه بارش- رواناب؛ با مطالعه موردی: حوضه بار نیشابور

حامد رضا محمودی مهماندوست<sup>۱\*</sup>، فرهاد خام چین مقدم<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، سازه هیدرولیکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، مشهد، ایران.

۲- دکتری تخصصی مهندسی عمران آب، استادیار گروه عمران، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران.

### چکیده:

افزایش پیچیدگی‌های موجود در مسائل بهینه‌سازی مهندسی به‌طور عام و منابع آب به‌طور خاص، از کارایی روش‌های معمول بهینه‌سازی کاسته و لزوم به‌کارگیری الگوریتم‌های جدید (فرا ابتکاری) نمایان ساخته است. این الگوریتم‌ها نوعی الگوبرداری از رفتار موجودات زنده بوده و در واقع با شبیه‌سازی رفتار جانداران به جستجوی نقطه بهینه می‌پردازند. در این تحقیق از الگوریتم ژنتیک (GA) و نوعی ماشین بردار پشتیبان تحت عنوان رگرسیون بردار پشتیبان حداقل مربعات (LS-SVR) با دو تابع هسته‌ای RBF و خطی (linear)، برای پیش‌بینی رواناب حوضه بار نیشابور (به‌عنوان مطالعه موردی) به‌وسیله اطلاعات بارشی و دبی رودخانه حوضه، از سال آبی ۳۱-۱۳۳۰ تا ۹۲-۱۳۹۱ استفاده شده است که بارش مساحتی متوسط حوضه با روش MIDW و به‌وسیله الگوریتم ژنتیک محاسبه و نهایتاً در تخمین رواناب بکار رفته است. معیار ارزیابی این روش‌ها با توجه به تحقیقات مشابه، معیار خطای مجذور مربعات خطا (RMSE) می‌باشد که در روش بردار پشتیبان، خطاهای کمتری مشاهده گردید که نشان از عملکرد مناسب‌تر آن در پیش‌بینی رواناب می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** مدل بارش-رواناب، فرا ابتکاری، LS-SVR، SVM، بردار پشتیبان و الگوریتم ژنتیک GA.





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01190099

## بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و تعیین میزان کادمیوم و سرب در سیلاب‌ها و رواناب‌های شهری سنندج پس از بارش باران

شادی فرامرزی<sup>۱</sup>، فرشید قربانی<sup>۲</sup>

۱. کارشناسی ارشد آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان.

۲. استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

### چکیده:

**موضوع:** بررسی غلظت عناصر سنگین کادمیوم و سرب در سیلاب‌ها و رواناب‌های شهری سنندج پس از بارش باران

**مواد و روش‌ها:** در مطالعه حاضر سه دسته از مناطق با کاربری‌های متفاوت در سطح شهر سنندج شامل منطقه صنعتی (شهرک صنعتی شماره ۱) منطقه با ترافیک بالا (شهرک مولوی، میدان ۱۲ فروردین و میدان اقبال) و منطقه دارای ترافیک کم (خیابان دانشگاه و مبارک‌آباد) از نظر غلظت عناصر سنگین سرب و کادمیوم مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های رواناب تهیه شده پس از تثبیت اسیدی توسط دستگاه جذب اتمی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

**زمینه و هدف:** فلزات سرب و کادمیوم از جمله آلاینده‌های محیط شهری هستند که پس از بارش باران وارد چرخه انتقال آب شده و می‌توانند اثرات زیست‌محیطی و بهداشتی جدی را به بار آورند. هدف این مطالعه بررسی سطح غلظت دو عنصر سرب و کادمیوم در رواناب‌های شهری و همچنین تعیین منشأ این آلاینده‌ها می‌باشد. در این راستا از شاخص آلودگی فلزات سنگین (HPI) جهت تعیین سطح اثر این عناصر سنگین بر سلامت انسان و از شاخص فلزی (MI) جهت ارزیابی قابلیت شرب استفاده شد.

**یافته‌ها:** یافته‌های حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که رواناب‌های سطح شهر سنندج در آلوده‌ترین ایستگاه پس از بارش باران دارای ۵۱/۴۲ میلی گرم بر لیتر سرب و ۳۶/۴۹ میلی گرم بر



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

لیتر کادمیوم می‌باشند. همچنین نتایج به دست آمده از شاخص HPI بیانگر کلاسه عدم آلودگی و شاخص MI نشان دهنده غیرقابل شرب بودن این رواناب‌ها است.

**بحث و نتیجه‌گیری:** طی مطالعه مشخص شد که در مناطق صنعتی سطح شهر میزان آلودگی کادمیوم بیشتر از مناطق با ترافیک بالا و پایین است. همچنین آلودگی سرب در مناطق با ترافیک بالا دارای بیشترین مقدار بود. لذا هردو این آلاینده‌ها دارای منشأ انسانی هستند اما با منابع انتشار متفاوت.

**کلمات کلیدی: سیلاب، رواناب شهری، فلزات سنگین، سرب و کادمیوم، شهر سنج.**



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01200094

## بررسی روش‌های کنترل سیلاب شهری، جهت جلوگیری از نفوذ در شبکه‌های فاضلاب؛ مطالعه موردی: شرکت آبفای قم

عبدالهادی مطهری<sup>۱\*</sup>، محمد عندلیب<sup>۲</sup>

۱- مدیر دفتر برنامه‌ریزی، ارزیابی و کنترل طرح‌ها و دبیر کمیته تحقیقات شرکت آبفای قم؛

motahary.313@gmail.com

۲- سرپرست دفتر مدیریت بحران و پدافند غیرعامل شرکت آبفای قم.

### چکیده:

از آنجا که محاسبه آب باران نفوذی به شبکه فاضلاب به عنوان جزئی از دبی طراحی، راه‌حلی بسیار گران قیمت است لذا طراحی شبکه‌های جمع‌آوری در ایران به روش مجزا انجام می‌شود. از همین رو، ورود ناخواسته سیلاب شهری به درون شبکه از مهم‌ترین چالش‌های بهره‌برداری است. این مشکل در شهرهای گرمسیری مانند قم که اغلب منازل دارای طبقات منفی هم هستند مضاعف است. نفوذ فاضلاب به زیرزمین‌های مشترکین علاوه بر ایجاد خسارات سنگین، تبعات اجتماعی زیادی به همراه داشت. شرکت آبفای قم با بررسی اقدامات گسترده فنی و مدیریتی نسبت به رفع این مشکل اقدام نمود. این اقدامات عبارت بودند از: طراحی مجدد شیر یکطرفه و به کارگیری آن، پیش‌بینی چاه اطمینان برای مشترکین پرخطر، پیاده‌سازی صحیح مبحث ۱۶ نظام مهندسی ساختمان، پیمایش شبکه جمع‌آوری آب سطحی شهرداری جهت جلوگیری از سیلاب به منهول‌ها، اصلاح شبکه فاضلاب در برخی نقاط بحرانی، اجرای سرریز و بای پس در نقاط مورد نیاز شبکه و انعقاد قرارداد با بیمه جهت پرداخت خسارات مشترکین. نتایج حاصل از این اقدامات با وجود افزایش طول شبکه فعال، افزایش رضایت مشترکین و جلوگیری از نفوذ فاضلاب به شبکه بوده است.

کلمات کلیدی: کنترل، سیلاب شهری، شبکه فاضلاب، پس‌زدگی، شرکت آبفای

قم.



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



HN-01220102



## تعیین نقش سازمان هلال احمر در مدیریت بحران زمان وقوع سیل؛ بررسی موردی در استان گلستان

عباسعلی قزل سوفلو<sup>۱</sup>، مریم علی‌نژاد<sup>۲\*</sup>

۱- استادیار گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد.

۲- دانشجوی دکتری تخصصی مدیریت بحران؛ Alinejad1401@yahoo.com

### چکیده:

گزارش «هزینه انسانی بلایای مرتبط با آب‌وهوا» (۱۹۹۵-۲۰۱۵) که توسط مرکز تحقیقات اپیدمیولوژی بلایا و دفتر حمایت از خطر بلایای سازمان ملل متحد، ارائه شده و در آن چارچوب زمانی ۲۰ سال اخیر مورد بررسی قرار گرفته است، نشان از افزایش تعداد حوادث جوی در این مدت دارد. همچنین نتایج تحقیقات صورت گرفته نشان می‌دهد که تعداد رخداد سیلاب از سال ۲۰۰۵ تا سال ۲۰۱۴ به‌طور میانگین ۱۱۷ مرتبه بیشتر از میانگین سالانه در دهه‌های قبل بوده است. همان‌طور که می‌دانیم مدیریت بحران کارآمد، یکی از عوامل مؤثر در کاهش میزان خسارات و تلفات انسانی در هنگام بروز بلایا و حوادث است. کسب آمادگی و آموزش قبل از وقوع بحران و انجام تمرینات کافی و اندوختن تجربه از بحران‌های گذشته شانس موفقیت در مدیریت بحران را بالا می‌برد. در این میان سازمان هلال احمر با ارائه آموزش‌های رایگان امداد و نجات در تمامی شعب جمعیت، در حال نیل به هدف ترویج فرهنگ ایمنی و خود امدادی است. در این پژوهش سعی شده است با نظرسنجی از مردم استان گلستان به شناسایی و تعیین نقش هلال احمر در مدیریت بحران زمان وقوع سیل پرداخته شود.

**کلمات کلیدی:** بحران، مدیریت بحران، سیل، بلایای طبیعی، هلال احمر.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01230104

## تعیین مناطق مولد سیل و اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها؛ مطالعه موردی: حوضه آبخیز رودخانه زندان در استان هرمزگان

نسیم قشقایی‌زاده<sup>۱\*</sup>، محمد قاسمی<sup>۲</sup>، محمدرضا ایدون<sup>۳</sup>، احمد نوحه‌گر<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه آبخیزداری، دانشگاه هرمزگان.

۲- کارشناس ارشد، گروه RS و GIS، دانشگاه هرمزگان.

۳- کارشناس ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس.

۴- استاد، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



شرکت مدیریت منابع آب ایران

### چکیده:

تعیین مناطق مولد سیل و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر پتانسیل سیل‌خیزی می‌تواند در مدیریت بهتر آبخیزهای بزرگ، نقش مهمی داشته باشد. از این نظر حوضه آبخیز رودخانه زندان به علت وقوع سیل‌های ویرانگر در آن انتخاب گردیده و مدل حوضه آبخیز و شبیه‌سازی هیدرولوژیک آن با استفاده از نرم‌افزار HEC-GeoHMS و مدل HEC-HMS انجام شد. جهت واسنجی پارامتر شماره منحنی و اعتباریابی مدل، از آمار ۴ رگبار مشاهده‌ای و سیل همزمان آن‌ها استفاده شده است. نتایج نشان دادند که این مدل در خصوص پیش‌بینی دبی اوج و زمان مربوط به آن در خروجی حوضه می‌تواند نتایج قابل قبولی را ارائه نماید. در این تحقیق، با استفاده از روش حذف متوالی زیر حوضه‌ها برای دو واقعه بارندگی، نقش کلیه زیرحوضه‌ها در هیدروگراف سیل خروجی تعیین و بر اساس آن اولویت‌بندی انجام گرفت. نتایج نشان می‌دهد لزوماً زیرحوضه‌ای که مساحت بزرگتر و یا دبی اوج بیشتری داشته باشد، بیشترین مشارکت را در سیل خروجی ندارد بلکه اثر متقابل عوامل مؤثری مانند موقعیت مکانی زیرحوضه‌ها و نقش روندیابی در رودخانه اصلی و نقش شاخص‌های مورفومتری کانال رود نیز می‌تواند نقش مهمی داشته باشد.

کلمات کلیدی: مناطق سیل‌خیز، HEC-GeoHMS، HEC-HMS، حوضه آبخیز زندان.

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦ info@ifmc.ir ♦  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



## شبیه‌سازی پروفیل سرعت و غلظت جریان‌های گل‌آلود رسوب داخل مخزن سد با استفاده از نرم‌افزار Flow-3D

مهران عباسپور عرشی<sup>۱\*</sup>، محمدحسین احمدی<sup>۲</sup>، علی آخوندزاده<sup>۳</sup>

۱- کارشناس دفتر مهندسی رودخانه، شرکت آب منطقه‌ای، تبریز، ایران.

۲- گروه عمران، واحد بیضا، دانشگاه آزاد اسلامی، ایران.

۳- مدیر دفتر مهندسی رودخانه، شرکت آب منطقه‌ای، تبریز، ایران.

### چکیده:

جریان‌های گل‌آلود، جریان‌های ثقلی هستند که اختلاف چگالی یا اختلاف وزن واحد حجم بین دو سیال بواسطه رسوبات معلق می‌باشد. در این تحقیق جریان‌های گل‌آلود که به عنوان عامل اصلی انتقال رسوبات به داخل مخازن سدها، دریاها و اقیانوس‌ها می‌باشد، به کمک یک کد عددی (FLOW-3D) شبیه‌سازی شد. این نرم‌افزار معادلات حاکم بر جریان را با استفاده از روش حجم محدود حل می‌کند. برای صحت‌سنجی نرم‌افزار در تعیین پارامترهای هیدرولیکی جریان‌های گل‌آلود از جمله پروفیل‌های سرعت و غلظت، از یک نمونه آزمایشگاهی استفاده شد و نتایج حاصل از شبیه‌سازی با اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی مربوط مقایسه شد. برای مقایسه از آزمایشات انجام گرفته توسط حسینی و همکاران که دستگاه آزمایش شامل کانالی به طول ۱۲ متر و عرض ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۷۵ سانتی‌متر می‌باشد، استفاده گردید. پارامترهای محاسبه شده شامل پروفیل سرعت و غلظت در بدنه و سری زمانی سرعت‌های لحظه‌ای در بدنه و پیشانی جریان بوده‌اند. نتایج حاصل از مدل عددی پروفیل سرعت در بدنه با نتایج آزمایشگاهی تطابق نسبتاً خوبی دارد. در بخش داخلی (بین بستر تا سرعت ماکزیمم) تطابق سرعت کیفیت بهتری دارد و در بخش بیرونی (بین سرعت ماکزیمم تا جایی که سرعت تقریباً صفر می‌شود) این تطابق کمتر مشاهده می‌شود. پروفیل‌های غلظت بر روی شیب‌های کم یک توزیع شبه پلکانی غلظت را نشان دادند که تا حدودی با نتایج آزمایشگاهی مطابقت دارند. نتایج مدل عددی مربوط به پروفیل غلظت با برخی از نتایج آزمایشگاهی مطابقت کمتری داشت که بخش عمده‌ای از خطاها مربوط به عدم





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

امکان مدل‌سازی جریان در بخش پایینی در مش‌بندی به علت کمبود حافظه کامپیوتری و بخشی از خطاها نیز به نحوه مدل‌سازی جریان گل‌آلود بوده که لزوم تحقیقات بیشتر در این زمینه و مقایسه با سایر تحقیقات را می‌طلبد.

**کلمات کلیدی:** جریان‌های گل‌آلود، جریان‌های ثقیلی، نرم‌افزار Flow 3D، پروفیل غلظت و سرعت.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦♦♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir ♦♦♦ info@ifmc.ir



## ارزیابی کارایی بهترین اقدامات مدیریتی (BMPs) در کنترل سیلاب و رواناب شهری با استفاده از مدل SUSTAIN

صدیقه ارونده<sup>۱\*</sup>، زهرا گنجی نوروزی<sup>۲</sup>، مهدی دلقدی<sup>۳</sup>، اکبر علیپور<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه، گروه مهندسی کشاورزی، سازه آبی، دانشگاه صنعتی شاهرود؛  
sedighearvand@yahoo.com

۲- دانشیار گروه آب، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۳- دانشیار گروه آب، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

مدیر سازمان آب منطقه شهرستان نیشابور.

### چکیده:

توسعه کم اثر LID یک مفهوم نسبتاً جدید در استفاده از کاربری اراضی برای مدیریت سیلاب شهری با استفاده از بهترین اقدامات مدیریتی BMP است که هدف آن حفظ شرایط هیدرولوژیکی منطقه در سطح توسعه یافته (بدون کاهش کیفیت و کمیت آب) همانند شرایط پیش از توسعه است. آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا USEPA برای ارزیابی عملکرد LID-BMP در مقیاس‌های مختلف یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری برای رفع مشکل رواناب شهری به نام (SUSTAIN) ارائه کرده است. در این مطالعه مدل SUSTAIN برای یک حوضه شهری اعمال شد. کالیبراسیون مدل و تأیید آن با توجه پارامترهای تأیید شده صورت گرفت و در نهایت دو سناریو که ترکیبی از برکه خشک و حوضچه‌های زیستی (بایوریتنشن) بر اساس طرح پیشنهاد شده اعمال شد. در شبیه‌سازی مدل SUSTAIN نتایج نشان می‌دهد که کاهش آلودگی جریان با کاهش حجم جریان رابطه مستقیم دارد. همچنین این مدل برای رسیدن به یک موقعیت مطلوب از LID-BMP با توجه به کاهش حجم و آلودگی جریان و بهینه‌سازی اقتصادی آن توانمند است. هدف از این مطالعه معرفی کارایی مدل SUSTAIN برای ارزیابی و اثربخشی آن به شیوه‌های LID-BMP است.

کلمات کلیدی: مدیریت سیلاب شهری، LID، BMP، SUSTAIN، مدل‌های بارش رواناب.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01300115

## برآورد میزان عدم قطعیت پارامترهای دخیل در ضریب تخلیه سرریز نیلوفری با استفاده از تئوری آنتروپی

احمد شرافتی<sup>۱</sup>، مسعود حق‌بین<sup>۲\*</sup>

۱- استادیار گروه مهندسی عمران-آب و سازه‌های هیدرولیکی دانشگاه علوم و تحقیقات تهران.

۲- دانشجوی دکتری مهندسی عمران-آب و سازه‌های هیدرولیکی دانشگاه علوم و تحقیقات تهران،

M.haghibin89@gmail.com



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

مؤسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

### چکیده:

آنتروپی به عنوان معیاری در اندازه‌گیری عدم قطعیت و بی‌نظمی ذاتی یک سیستم به کار می‌رود. آنتروپی یک تابع توزیع احتمال می‌تواند تحت عنوان اطلاعات یا اندازه عدم قطعیت بیان گردد. مقدار اطلاعات به دست آمده از نتایج مشاهداتی یک آزمایش می‌تواند با میزان عدم قطعیت در نتایج آزمایش قبل از انجام عملیات آزمایش برابر باشد. در این پژوهش با استفاده از نتایج به دست آمده از مدل فیزیکی سرریز نیلوفری سد سن لوئیس فرمای آمریکا میزان بی‌نظمی در اطلاعات به دست آمده از ضریب تخلیه سرریز نیلوفری اندازه‌گیری شده است. حالات بررسی شده عبارتند از سرریز صاف شاهد، سرریز پلکان دار و سرریز صاف با گرداب شکن می‌باشد. نتایج به دست آمده از به کارگیری آنتروپی شانون در برآورد اطلاعات به دست آمده از ضریب تخلیه در حالات مختلف نسبت به سرریز شاهد عبارتند از: ۴۳۳۶ بیتس نسبت به حالت ۳ پلکان، ۸۴۵۹ بیتس نسبت به حالت ۴ پلکان و ۴۳۵۲ بیتس نسبت به ۶ پلکان و ۳۰۵۴ بیتس نسبت به ۱۲ پلکان و در حالت با شاهد ۴ گرداب شکن ۵٫۲ میلی‌متری و ارتفاع ۹ میلی‌متر برابر ۴۶۳ بیتس می‌باشد که نشان می‌دهد سیستم هیدرولیکی موردنظر در حالت پلکان دار دارای بیشترین آشفتگی در اطلاعات می‌باشد.

کلمات کلیدی: تئوری آنتروپی، ضریب تخلیه، سرریز نیلوفری، عدم قطعیت.

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦ info@ifmc.ir  
♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir



HN-01310141



## بررسی اثر تنگ‌شدگی کانال بر روی الگوی جریان در یک قوس ۹۰ درجه از یک رودخانه طبیعی

روح‌اله کریمیان کاکلی<sup>۱\*</sup>، افشین هنربخش<sup>۲</sup>، علیرضا داودیان دهکردی<sup>۳</sup>، غلامرضا شمس قهفرخی<sup>۴</sup>، مهدی پژوهش<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی دکتری تخصصی علوم و مهندسی آبخیزداری دانشگاه شهرکرد.

۲- دانشیار و عضو هیئت علمی دانشگاه شهرکرد.

۳- استاد و عضو هیئت علمی دانشگاه شهرکرد.

۴ و ۵- استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه شهرکرد.

### چکیده:

بررسی الگوی جریان در قوس رودخانه‌های طبیعی از دیدگاه محققان علم مهندسی رودخانه دارای اهمیت بالایی بوده لذا در این تحقیق با هدف بررسی رفتار جریان در یک قوس ۹۰ درجه همگرا از یک رودخانه طبیعی، از مدل عددی سه بعدی SSIIM استفاده گردید. منطقه مورد مطالعه شامل بازه‌ای با قوس ۹۰ درجه و طول ۲۴۰ متر از رودخانه دواب واقع در استان چهارمحال و بختیاری بوده که پس از عملیات نقشه برداری، فایل رقومی-ارتفاعی منطقه تهیه و به همراه سایر اطلاعات به مدل معرفی گردید. شبیه‌سازی جریان نشان دهنده تراکم بیشتر خطوط جریان در قسمت تنگ‌شدگی کانال به دلیل افزایش مقدار دبی واحد عرض کانال می‌باشد. همچنین مقادیر سرعت‌های عمودی از مقطع عرضی ۴۵ درجه به بعد بیشتر می‌شود. حداکثر سرعت طولی نیز در نزدیکی دیواره داخلی در ابتدای قوس اتفاق افتاده و پس از ورود به قوس به تدریج به سمت دیواره خارجی منتقل می‌گردد. مقادیر تنش برشی بستر در زاویه‌ای حدود ۴۵ درجه از ابتدای قوس به مقدار حداکثر خود رسیده که اصلی‌ترین دلیل این افزایش، تنگ‌شدگی مقطع رودخانه، تغییر مسیر ناگهانی و ایجاد یک گرادیان قوی و پرسرعت از جریان می‌باشد.

کلمات کلیدی: الگوی جریان، SSIIM، رودخانه دواب، تنش برشی بستر.



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01320126

## بررسی رخداد سیل در روستاهای توابع لنگرود و تبیین شیوه اثرگذاری

محمد رضا شامی<sup>۱\*</sup>، احمد رضا نظری<sup>۲</sup>، امیر حسین افسردیر<sup>۳</sup>، علیرضا سعیدی<sup>۴</sup>

۱- مدرس گروه شهرسازی دانشگاه آزاد زنجان؛ Mreza.shami@gmail.com

۲- کارشناس ارشد مدیریت در سوانح طبیعی، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران؛

Engineer.a.r.n@gmail.com

۳- کارشناس ارشد مدیریت بحران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات؛ ah.afsardeir@gmail.com

۴- دبیر جمعیت کاهش خطرات زلزله ایران؛ mojepishro@gmail.com

### چکیده:

با توجه به تنوع حوادث طبیعی حادث در کشورمان، ایران در زمره کشورهای سانحه خیز دنیا قرار می‌گیرد که از سیلاب به عنوان یکی از مهم‌ترین و مخرب‌ترین آن‌ها نام برده شده است. چرا که عوامل طبیعی رخداد یک سیلاب همچون بارش‌های تند و سطوح شیبدار بعلاوه عوامل غیرطبیعی از جمله تعدی به حریم مسیل‌ها که باعث خسران‌های جانی و مالی می‌گردد، دلیل این مدعاست. در این مقاله سیل به وقوع پیوسته در روستاهای توابع شهرستان لنگرود در استان گیلان به طور مشاهده حضوری مورد بررسی قرار گرفته و علل مختلفی که موجب خسارات هرچه بیش‌تر این حادثه شده بیان شده است. شهرستان لنگرود با ۳ بخش (اطاقور، کومله، مرکزی) و ۵ شهر در غرب به شهرستان لاهیجان و در شرق به شهرستان رودسر منتهی می‌شود. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که عوامل متعددی در وقوع این بحران نقش داشته‌اند، از قبیل: تعدی به حریم رودخانه‌ها، عبور شبکه‌های حیاتی از مسیر رودخانه، آب شستگی راه‌های ارتباطی کنار رودخانه، عدم لایروبی مسیر جریان حرکت سیلاب، انسداد مسیر رودخانه در روگذرها و هدایت جریان به سمت مناطق مسکونی، آگاهی پایین اهالی روستا و نهایتاً برخورد ناصحیح مسئولان در مواجهه با حادثه و آسیب دیدگان.

**کلمات کلیدی:** سیلاب، پیشگیری، مدیریت بحران، گیلان، لنگرود.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦ info@ifmc.ir  
♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
www.ifmc.ir



HN-01330122

## انتخاب بهترین روش تجربی برآورد حداکثر دبی سیلاب حوضه آبخیز اسجیل

محمد صالحی<sup>۱\*</sup>، سعیدرضا خداشناس<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه آزاد مشهد؛

m.salehi0072@gmail.com

۲- دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد؛ saeedkhodashenas@yahoo.fr

### چکیده:

انجام مطالعات سیل و کنترل سیلاب یکی از مباحث اصلی در طرح‌های آبخیزداری می‌باشد. سیلاب‌های جاری در یک منطقه تأثیر مستقیم بر حوضه آبخیز، کشاورزی و اوضاع اجتماعی و اقتصادی آن دارند. هدف از این تحقیق پیشنهاد بهترین روش برآورد سیلاب از بین روش‌های تجربی برای برآورد دبی سیلاب در روستای اسجیل از توابع شهرستان چناران است که فاقد ایستگاه اندازه‌گیری سیلاب می‌باشد. تخمین سیلاب در این حوزه آبخیز به مدیران منابع آب حوزه در جهت انجام عملیات صحیح مدیریتی در جهت جلوگیری از سیلاب و زمان وقوع سیلاب کمک کرده و برنامه ریزان می‌توانند علاوه بر جلوگیری از خسارات سیلاب از آب ایجاد شده جهت کاربردهای کشاورزی و شرب استفاده کنند.

**کلمات کلیدی:** فرمول تجربی، سیلاب، روش SCS، اسجیل، تخمین.





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01400165

## مدیریت آواربرداری پس از سیلاب

بابک امیدوار<sup>۱</sup>، رامین سمواتی<sup>۲</sup>، مهسا محمدرضاییک<sup>۳</sup>

۱- دانشیار دانشگاه تهران دانشکده محیط‌زیست؛ bomidvar@ut.ac.ir

۲ و ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت در سوانح طبیعی دانشگاه تهران.

### چکیده:

بلاایای طبیعی با تولید مقادیر زیادی از آوار باعث ایجاد چالش‌های بزرگی برای مدیران بحران می‌شوند. آوار مانعی در مقابل سرعت عملیات امداد و نجات و بازسازی بعد از سوانح طبیعی می‌باشد. بسیاری از ضایعات دارای مواد خطرناک و سمی بوده و می‌تواند تهدیدی برای حفظ سلامتی، ایمنی و محیط‌زیست به شمار آید. پیشگیری از اثرات منفی ناشی از بقایای حوادث باید در برنامه مدیریت آوار مورد توجه قرار گیرد. چنین برنامه‌ای بهترین راه برای کاهش آسیب‌های جانی و مالی می‌باشد. برنامه مدیریت آوار فراتر از حذف اولیه بقایای بجا مانده از سوانح طبیعی بوده، روند اجرایی را اولویت‌بندی می‌کند، شامل استراتژی‌هایی برای بازیافت، استفاده مجدد و کاهش حجم پسماند در تأسیسات دفن است. همچنین راهبردهایی برای اشتغال افراد بومی تعریف می‌کند تا سرعت بازگردانی و بازتوانی در جامعه آسیب دیده را بالا ببرد. در این مقاله مدیریت آوار ناشی از سونامی ۲۰۱۱ در کشور ژاپن بررسی شده و عناصر مهم یک طرح مدیریت آوار توصیف می‌گردد. دستورالعمل‌های مدیریت پسماند سوانح<sup>۱</sup> DWM و برنامه‌ریزی برای آوار ناشی از سوانح طبیعی<sup>۲</sup> PNDD جهت برنامه‌ریزی اینگونه طرح‌ها و اجرای آن بررسی شده و در نهایت پیشنهادهایی جهت بومی شدن این روند ارائه می‌گردد.

**کلمات کلیدی:** آوار ناشی از سیلاب، مدیریت آوار، راهنمای برنامه‌ریزی مدیریت آوار.

<sup>۱</sup> DWM: Disaster Waste Management

<sup>۲</sup> PNDD: Planning for Natural Disaster Debris



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶





HN-01410140

## چالش‌های مدیریت محلی منابع آب در شهر تهران از منظر مدیریت یکپارچه بحران‌های مرتبط

اقبال شاکری<sup>۱</sup>، زهرا جلیلود<sup>۲\*</sup>، محبوبه پیری‌زاده<sup>۳</sup>

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

۲- کارشناس ارشد دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد.

### چکیده:

در این پژوهش ضمن بررسی ساختارهای حقوقی و اجرایی حوزه مدیریت منابع آب در سطح مدیریت محلی شهرداری تهران، تأثیر عدم اعمال مدیریت یکپارچه در مدیریت شهری شهر تهران بر ایجاد یا تشدید بحران‌های مرتبط با منابع آب اعم از بحران سیلاب، فرونشست و خشکسالی ارزیابی شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد در خلأ قانونی مدیریت یکپارچه شهری در شهر تهران، اگرچه راه‌حل‌های موقت مدیریت شهری در کاهش خسارات ناشی از بحران‌های حوزه منابع آب مؤثر بوده است لکن همچنان کمبود سیستم مدیریتی یکپارچه و انعطاف‌پذیر در چرخه آب، مانع از تغییرات رویکرد در شرایط پارادایم آب (مدیریت سیلاب و خشکسالی) و استمرار تصمیم‌سازی و تفاهم بین منافع متفاوت و متضاد در حوزه سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری از منابع آب در سطح مدیریت شهری می‌باشد. لذا مطالبه تغییر ساختار قانونی در واگذاری شفاف مسئولیت‌های حوزه مدیریت محلی زیر نظر مدیریت یکپارچه شهری امری ضروری است.

**کلمات کلیدی:** مدیریت یکپارچه شهری، مدیریت منابع آب، مدیریت بحران.







HN-01440136

## تأثیر روند جریان ناشی از شکست سد سفیدرود بر شهر رودبار با استفاده از مدل HEC-RAS

زمانه شکری مریدانی<sup>۱</sup>، امیرهوشنگ نظامیوند چگینی<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، سازه‌های هیدرولیکی، واحد رامسر، دانشگاه آزاد اسلامی، رامسر،  
ایران؛ zhs1986@yahoo.com

۲- استادیار دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

### چکیده:

با توجه به خسارات بسیار زیاد ناشی از شکست سد، به خصوص سدهایی که در نزدیکی شهرهای بزرگ احداث می‌شوند، ضروری به نظر می‌رسد که علاوه بر مطالعه و پژوهش بخش‌های مختلف سد، پدیده شکست نیز مورد بررسی قرار گیرد. در این تحقیق مسئله شکست سد سفیدرود و تأثیر آن بر شهر رودبار، مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا شبیه‌سازی شکست سد براساس فرضیات موجود و با استفاده از مدل HEC-RAS انجام شد، متعاقب آن پروفیل‌های حاصل از شبیه‌سازی، مورد بررسی قرار گرفت. پروفیل‌های سطح آب در مقاطع مختلف برای نواحی پایین‌دست، از جمله مقطع سد، پل و مقاطع مربوط به محدوده شهر رودبار، در زمان‌های شروع، پایان و دبی اوج، ترسیم شد. نتایج نشان داد که در صورت شکست سد سفیدرود، شهر رودبار، روستاهای اطراف و تأسیسات واقع در پایین‌دست کاملاً در خطر گسترش سیلاب قرار می‌گیرند. در نهایت راه‌کارهایی نظیر افزایش پوشش گیاهی در سیلاب‌دشت، استفاده از سیستم‌های اعلام خطر و غیره برای جلوگیری از مخاطرات ناشی از شکست سد پیشنهاد گردید.

**کلمات کلیدی:** سد سفیدرود، شکست سد، رودبار، پروفیل سطح آب، مدل HEC-RAS.





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01480149

## پیش‌بینی سیلاب در طراحی پل‌ها با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS؛ با مطالعه موردی راه ارتباطی شهرکرد-دهدز-ایذه

امین خدابنده شهرکی<sup>۱\*</sup>، سیده آرزو نقشبندی<sup>۲</sup>

۱- کارشناس ارشد عمران آب.

۲- سیده آرزو نقشبندی کارشناس ارشد سازه‌های آبی.

### چکیده:

پدیده سیل یکی از رویدادهای جدی آب‌وهوایی و از جدی‌ترین بلایای طبیعی است که جوامع بشری را مورد تهدید قرار می‌دهد. با این که قسمت اعظم کشور ایران در ردیف مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارد، اما همواره در معرض خطرات سیل نیز بوده است. جمع‌آوری به موقع و صحیح اطلاعات سیل، ابزار مؤثری در تجزیه و تحلیل سیل، شناسایی عوامل ایجاد و تشدید آن، بررسی خسارات وارده و پیشگیری و کاهش خسارات می‌باشد. این مسئله در راه‌های ارتباطی کشور اهمیت بیشتری داشته و از آنجا که در اکثر محورهای کشور به منظور هدایت جریان سیلاب‌های فصلی از آبرو و پل استفاده می‌شود، در این مقاله سعی شده است با استفاده از امکانات سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، سیلاب حوضه آبریز بالادست محل پل تعیین و سپس تأثیرات ناشی از سیل با صرف هزینه اندک شبیه‌سازی شده و به عنوان ابزاری برای تصمیم‌گیری در مواقع بحران رودخانه آب جهانین (شاخه‌ای از رودخانه کارون) در تقاطع با جاده شهرکرد-دهدز-ایذه در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و الحاقات آن انجام پذیرفته است.

**کلمات کلیدی:** سیلاب، پل، پیش‌بینی، شبیه‌سازی، ArcGIS.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦♦♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



HN-01490142

## پیش‌بینی زمان واقعی سیلاب میان حوضه سدهای مسجدسلیمان و گتوند علیا با استفاده از مدل بارش رواناب (قبل و بعد از آبگیری سد گتوند علیا)

محمد امین گندمی<sup>۱\*</sup>، حسین اسلامی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکترا مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شوشتر، گروه علوم آب، شوشتر، ایران؛

Gandomi.civil.engineer@gmail.com

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شوشتر، گروه علوم آب، شوشتر، ایران؛ eslamyho@gmail.com

### چکیده:

سد گتوند علیا آخرین سد از زنجیره سدهای حوضه کارون می‌باشد. علیرغم وجود سدهای متعدد در بالادست آن، حوضه میانی آن میان سدهای شهید عباسپور و گتوند علیا دارای آورد قابل ملاحظه‌ای است که تنها در مخزن این سد امکان جایگیری دارد. از آنجایی که این سد در بالادست شهرهای گتوند، شوشتر و اهواز قرار دارد، پیش‌بینی میزان سیلاب‌های ورودی به مخزن و جلوگیری از خسارت‌های این سیلاب اهمیت بسیاری دارد. سیلاب‌های این حوضه میانی بسیار ناگهانی و دارای پیک بالایی می‌باشد و کنترل و مدیریت آن اهمیت بالایی دارد. لذا اطلاع از میزان حجم سیلاب، پیش‌بینی زمان وقوع و مقدار پیک جهت برنامه‌ریزی و مدیریت سیلاب و پایین‌دست بسیار مورد نیاز می‌باشد. در این تحقیق قبل از آبگیری سد گتوند علیا از آمار ساعتی دبی خروجی سیلاب‌های مختلف (- آذر ۱۳۸۰، خرداد ۸۰، فروردین ۸۱ خرداد ۱۳۸۱)، استفاده گردید و بعد از آبگیری سد گتوند علیا برای سال‌های اخیر از آمار سیلاب (آبان ۹۰، آذر ۹۱ و دی ۹۲ و اسفند ۹۲) استفاده شد. بر این اساس با استفاده از مدل بارش رواناب HEC-HMS و روش اشنایدر اقدام به کالیبراسیون آمار رواناب بر میزان آمار بارش واقعی شد. با بررسی سیلاب‌های رخ داده میزان رواناب محاسباتی و مشاهداتی مقایسه گردید و بهترین پارامترها جهت نفوذپذیری اولیه و نهایی خاک و زمان تمرکز حوضه محاسبه گردید. زمان پیک هیدروگراف tp، جهت این حوضه ۹٫۵ ساعت برآورد گردید. همچنین ضریب Cp، نیز به طور متوسط ۰٫۵ تعیین گردید. لیکن ضریب constant





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

rate به طور متوسط ۵ می باشد. افت اولیه متفاوت و از ۰/۵ تا ۲ میلی متر متغیر بوده است. مقادیر ضرایب  $k_x$  محاسبه شده میان سدهای مسجدسلیمان و گتوند علیا ۰/۵ و ۱۷ می باشد.

**کلمات کلیدی: سد گتوند علیا، HEC-HMS، بارش، رواناب، شورابی.**



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش های راه آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir ♦ www.ifmc.ir



HN-01500145

## بررسی پتانسیل سیل خیزی حوزه آبخیز ماهنشان استان زنجان با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS

زهرا چترسیما<sup>۱\*</sup>، فرناز براتی<sup>۲</sup>، فرشاد میردار هریجانی<sup>۳</sup>، احمد کامیار<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران.

۲- دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران.

۳- کارشناس ارشد آبخیزداری، معاون دفتر حفاظت خاک و کنترل فرسایش، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور.

۴- کارشناسی ارشد عمران-آب و رئیس گروه آبخیزداری حوزه سد‌های کشور، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور.

### چکیده:

سیل یکی از پدیده‌های موجود در طبیعت بوده که انسان از دیرباز شاهد وقوع آن می‌باشد. در ایران به دلیل وسعت زیاد، اقلیم متعدد، تراکم زمانی و مکانی بارش‌ها در اکثر حوزه‌های آبخیز، همه‌ساله شاهد وقوع سیلاب می‌باشیم. اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها از نظر پتانسیل سیل خیزی تأثیر مهمی در مدیریت حوزه آبخیز دارد. هدف از اولویت‌بندی سیل خیزی در زیرحوزه‌ها، ارائه الگویی برای کنترل و کاهش خطرات سیل و ارزیابی نقش هریک از زیرحوزه‌ها در سیلاب خروجی از حوزه می‌باشد.

در این تحقیق، حوزه ماهنشان، به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب و با استفاده از GIS به بررسی پتانسیل سیل خیزی حوزه آبخیز ماهنشان پرداخته شد. به منظور تعیین اولویت واحدها از نظر پتانسیل سیل خیزی از شاخصی به نام ضریب جریان سیلابی استفاده شد که بیشترین و کمترین ضریب سیلابی در حوزه آبخیز ماهنشان به ترتیب برابر با ۱۴٫۰۱ و ۶٫۴۳ می‌باشد. بر این اساس زیرحوزه 3-2-1-4 و 4 به ترتیب دارای بیشترین و کمترین پتانسیل سیل خیزی می‌باشند.

کلمات کلیدی: پتانسیل سیل خیزی، ضریب جریان، ماهنشان، GIS.







با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01520152

## روش‌های ساماندهی و مدیریت سیلاب در مناطق روستایی واقع در مصب رودخانه گرگانرود؛ نمونه مورد مطالعه: دهستان جعفر بای غربی - روستای چارقلی

نبی‌اله سلطانی<sup>۱\*</sup>، علی‌اکبر سرمدی سیفی<sup>۲</sup>، بهمن احمدی توانا<sup>۳</sup>

- ۱- عضو هیئت علمی پژوهشی پژوهشکده سوانح طبیعی.
- ۲- عضو هیئت علمی پژوهشی و مدیر گروه برنامه‌ریزی کالبدی، اقتصادی و اجتماعی پژوهشکده سوانح طبیعی.
- ۳- مدیر دفتر آموزش‌های کوتاه‌مدت پژوهشکده سوانح طبیعی.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

مؤسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

### چکیده:

دهستان جعفر بای غربی و روستای چارقلی در منتهی‌الیه و مصب رودخانه گرگانرود واقع شده است. امروزه خطر بروز سیلاب‌های سالیانه در تمام روستاهای واقع در مصب رودخانه گرگانرود همانند: روستای چارقلی به صورت یک معضل، زندگی روستائینان را تحت تأثیر قرار داده و سالانه اعتبار زیادی بابت رفع خسارات ناشی از سیلاب هزینه می‌شود. این روستا در فاصله ۲/۵ کیلومتری دریای خزر و در ارتفاع ۲۳- متری از سطح آب‌های آزاد واقع شده و شیب عمومی آن کمتر از ۱ درصد می‌باشد. سیلاب، روانگرایی و بالا آمدن آب دریای خزر از مهم‌ترین خطرات طبیعی موجود در محدوده روستای چارقلی به شمار می‌روند. عمده‌ترین عوامل بروز سیلاب سال‌های اخیر روستا را می‌توان ناشی از عوامل بیرونی و عوامل درونی عنوان کرد. تغییرات جوی و بروز سیلاب‌های شدید در حوضه بالایی سرشاخه‌های رودخانه گرگانرود و عدم مهار آن، از بین رفتن پوشش جنگلی و گیاهی اراضی لسی بالادست حوضه در اثر استفاده بی‌رویه انسان، تخریب مراتع و جنگل‌ها و کاهش قدرت جذب و نگهداری آب، افزایش حجم رسوبزایی سرشاخه‌های گرگانرود و عدم ته‌نشینی آن در بالادست به دلیل شیب زیاد و ته‌نشینی آن در دهستان جعفر بای غربی از جمله مهم‌ترین عوامل بیرونی و نهشته شدن املاح و رسوبات رودخانه‌ای در بستر طی زمان، بالا آمدن آب دریای خزر- که باعث کندتر شدن جریان آب رودخانه گرگان رود و افزایش حجم رسوب گذاری آن در بستر خود

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦♦♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۱۳۹۶ و ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶

با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی



## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۴۰۳-۹۶۱۷۰



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

می‌گردد - ارتفاع کم دیواره‌های رودخانه و تعرض به بستر حريم طغيانی توسط مردم و عدم وجود دیوار ساحلی در کناره‌های رودخانه به خصوص در قسمت‌های مقعر و خم‌رود آن از جمله عوامل درونی مؤثر بر سیلاب روستای چارقلی می‌باشند. این مقاله به دنبال ارائه راهکارهای بهینه مقابله با مخاطرات طبیعی تهدیدکننده حیات روستا و محدوده پیرامونی آن می‌باشد.

**کلمات کلیدی: مدیریت سیلاب، رودخانه گرگانرود، سیلاب، روانگرایی، بالا آمدن آب دریای خزر.**



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01530151

## بررسی ویژگی‌های حوزه آبخیز شهر قیام دشت و نقش آن در بروز سیلاب‌های شهری

علی اکبر سرمردی سیفی<sup>۱\*</sup>، نبی‌اله سلطانی<sup>۲</sup>، بهمن احمدی توانا<sup>۳</sup>، معصومه بحری<sup>۴</sup>

۱- عضو هیئت علمی و مدرس دانشگاه جامع علمی کاربردی مرکز سوانح طبیعی.

۲- عضو هیئت علمی و مدرس دانشگاه جامع علمی کاربردی مرکز سوانح طبیعی.

۳- بهمن احمدی توانا، مدیر آموزش‌های کوتاه‌مدت پژوهشکده سوانح طبیعی.

۴- مدرس دانشگاه جامع علمی کاربردی مرکز سوانح طبیعی.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو



مؤسسه تحقیقات آب



شرکت مدیریت منابع آب ایران

### چکیده:

تغییرات آب‌وهوایی امروزی سبب به راه افتادن سیلاب‌های ویرانگر در سطح کره زمین شده است. نقش انسان‌ها در تشدید سیلاب‌ها بی‌شک بیش از سایر عوامل بوده است. تخریب زمین و تجاوز به محیط‌های آبخیز در راستای توسعه و گسترش شهرها سبب از بین رفتن شبکه‌های آبراهه، مسیل‌ها و تعرض به حریم رودخانه‌ها شده است. عدم مطالعه و شناسایی حوزه‌های آبخیز و آمایش آن‌ها در طرح‌های توسعه شهری سبب به راه افتادن جریان‌های سیلابی و طغیانی در محدوده شهرها گردیده و آسیب‌های جانی و مالی فراوانی را به بار خواهد آورد.

در این میان وجود جریان‌های خشک‌رودی و آبراهه‌ها نقش اساسی در به راه افتادن جریان‌های سیلابی دارند. محدوده حوزه شهر قیام دشت به عنوان یک واحد فیزیوگرافیک دارای سه زیر حوزه می‌باشد. به منظور برآورد دبی پیک سیلاب در زیرحوضه‌های منطقه مطالعاتی اقدام به برقراری رابطه همبستگی بین دبی پیک سیلاب با دوره بازگشت دو سال و سطح حوضه ایستگاه‌های آبسنجی گردیده است با توجه به تعداد داده‌ها و ضریب همبستگی، معادلات به دست آمده در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشند. مطالعات انجام شده نشان از سیلابی بودن این حوزه با دوره‌های بازگشت مختلف خواهد بود.

کلمات کلیدی: سیلاب، رواناب، حوزه آبخیز، قیام دشت.

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



HN-01540153

## برنامه ریزی شهری با تأکید بر ارزیابی ریسک سیلاب

سید حمیدرضا مفصلی<sup>۱\*</sup>، علی ساکت<sup>۱</sup>، بهمن احمدی توانا<sup>۲</sup>

۱- عضو هیئت علمی پژوهشگاه سوانح طبیعی.

۲- مدیر کارگروه آموزش کرسی یونسکو در مدیریت بلایای طبیعی.

### چکیده:

سیل در بین سوانح طبیعی در دنیا بیشترین خسارات و تلفات را در پی داشته و زندگی نسل‌های پیشماری را تحت الشعاع قرار می‌دهد ضمن اینکه خسارات اقتصادی ناشی از این بحران طبیعی کاملاً جدی است. متأسفانه هر ساله شاهد هستیم که بلایای یاد شده خسارات عمده مالی و جانی را بر جوامع انسانی وارد می‌سازند و متأسفانه کشور ما هم هر از چند صباحی طعم تلخ این وقایع را می‌چشد. سیلاب از آن دسته از بلایا است که به منظور پاسخگویی بهینه به آن، به کارگیری تمهیدات مناسب و مؤثر جهت کاهش خسارات یاد شده امری بدیهی و انکارناپذیر است. نوشتار حاضر سعی بر آن دارد تا با ارائه راهکارهای پیشگیری از سیلاب به‌ویژه در نواحی شهری گامی را در راستای برنامه‌ریزی بهینه به منظور پیشگیری و کاهش اثرات ناشی از این بحران طبیعی بردارد. به این منظور بکارگیری رهنمودها و رویکردهای مدیریت بحران و مدیریت ریسک سیل در بحث کاهش اثرات ناشی از این رویداد نقشی بسیار کلیدی و حائز اهمیت خواهد داشت.

**کلمات کلیدی:** برنامه‌ریزی شهری، مدیریت ریسک، مدیریت بحران سیل، پاسخگویی یا مقابله.



شرکت مدیریت منابع آب ایران



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01540154

## فرآیند مدیریت سوانح و نگرشی بر الگوهای رایج مربوطه

سید حمیدرضا مفضل<sup>۱\*</sup>، بهمن احمدی توانا<sup>۲</sup>

۱- عضو هیئت علمی پژوهشکده سوانح طبیعی.

۲- مدیر آموزش‌های کوتاه مدت پژوهشکده سوانح طبیعی.

### چکیده:

از آنجایی که بلایای طبیعی نظیر سیل و زلزله معمولاً به ندرت روی می‌دهند، با این وجود اثرات ناشی از آن‌ها می‌تواند بسیار مخرب و فاجعه‌بار باشد. از این رو برای ممانعت از تأثیرات مخرب مربوطه بر سازمان‌ها و جوامع نیاز به یک فرایند مدیریتی مطلوب و کارآمد و نیز وجود برنامه‌ها و دستورالعمل‌های به روز رسانی شده، می‌باشد. در این زمینه تهیه موارد یاد شده و نیز دانش مورد نیاز مربوطه و طریقه نائل گردیدن به آن از جمله اقدامات زیربنایی در این ارتباط بوده و اعمال روش‌های کارآمد مدیریتی مربوطه می‌تواند نقش بسیار زیادی را در امور پیشگیری و کاهش اثرات ناشی از این مخاطره داشته باشد.

**کلمات کلیدی:** مدیریت ریسک سیل، پیشگیری و کاهش اثرات سوانح.



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir



HN-01570159

## تحلیل خسارات غیرمستقیم زیرساخت‌های شهری ناشی از سیلاب با در نظر گرفتن وابستگی بین آن‌ها

پروانه محرمخانی<sup>۱</sup>، بابک امیدوار<sup>۲</sup>، احمد نوحه‌گر<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت در سوانح طبیعی دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران.

۲- دانشیار دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران؛ bomidvar@ut.ac.ir

۳- استاد دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران.

### چکیده:

بلايا و حوادث طبیعی از گذشته‌های دور باعث بروز خسارات به انسان، اموال او و محیط‌زیست بوده‌اند. امروزه با توجه به رشد روزافزون جمعیت انسانی و همجواری جوامع انسانی با رودخانه‌ها، تلفات و خسارات وارده از سیلاب بیش از گذشته است. همچنین تغییر کاربری اراضی در دهه‌های اخیر به خسارات سیل افزوده است.

آب‌گرفتگی در شهرها می‌تواند هم در اثر سیل باشد و هم در اثر بارندگی. بطوریکه در اثر بارندگی شدید یا مداوم، کانال‌ها و جوی‌های شهری پرآب شده و سرریز می‌گردند. از دلایل اصلی افزایش روزافزون خسارت سیلاب در حوزه شهری می‌توان به کاهش نفوذپذیری در این مناطق، عدم وجود شبکه‌های جمع‌آوری رواناب‌های سطحی یا ناکافی بودن آن‌ها و یا فرسوده بودن این شبکه‌ها اشاره کرد.

آب‌گرفتگی باعث خسارت به ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها در شهر می‌شود. زیرساخت‌ها در شهرها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند به طوری که از کار افتادن یا عدم عملکرد آن‌ها می‌تواند زندگی عادی را تقریباً به طور کامل مختل سازد. از این رو تحلیل خسارت بر زیرساخت‌های شهری امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. خسارات فیزیکی اولیه معمولاً در زمره خسارت‌های مستقیم هستند و خسارت غیرمستقیم معمولاً به صورت درصدی از خسارت مستقیم بیان می‌گردد و این امر باعث بروز تقریب و خطا در تصمیم‌گیری‌ها می‌شود. در این بین ممکن است یک زیرساخت مورد نظر در اثر آب‌گرفتگی دچار هیچ گونه آسیبی نشده باشد ولی عملکرد آن به سبب وابستگی به زیرساختی





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

دیگر، مختل گردد. به همین خاطر و به منظور رفع مشکل فوق در نظر داشتن وابستگی زیرساخت‌ها به یکدیگر امری ضروری است. در این تحقیق با استفاده از روش لئون تیف، الگوریتمی برای محاسبه خسارت غیرمستقیم ارائه می‌گردد.

**کلمات کلیدی: آب‌گرفتگی، زیرساخت‌ها، تحلیل خسارت، وابستگی بین زیرساخت‌ها.**



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir





HN-01580161

## پهنه‌بندی سیلاب در رودخانه کرخه با استفاده از مدل دو بعدی CCHE2D

علی کوچک خلف آبادی<sup>۱</sup>، علی عصاره<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه سازه‌های آبی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲- گروه مهندسی علوم آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران؛ ali-assareh\_2003@yahoo.com

### چکیده:

تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی میزان تغییرات مشخصات ژئومتری مربوط به رودخانه‌ها از پیچیده‌ترین و در عین حال مهم‌ترین مباحث هیدرولیک سیلاب و مهندسی رودخانه می‌باشد. در حال حاضر با پیشرفت کامپیوتر این امکان به وجود آمده که تئوری‌های مربوط به هیدرولیک آب به صورت مدل‌های ریاضی درآمده و سپس به کمک برنامه‌های کامپیوتری حل گردند. در این پژوهش مدل CCHE2D در شرایط رودخانه کرخه کالیبره گردید. آزمایشات اصلی با ۱۰ دبی ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰، ۱۰۰۰، ۱۲۵۰، ۱۵۰۰، ۱۷۵۰، ۲۰۰۰، ۲۲۵۰ و ۲۵۰۰ مترمکعب بر ثانیه انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد کمترین خطا در استفاده از ضریب زبری مانینگ ۰/۰۲۲ و مدل آشفتگی Mixing Length Model به دست می‌آید. همچنین با افزایش دبی از ۲۵۰ مترمکعب بر ثانیه به ۲۵۰۰ مترمکعب بر ثانیه، ارتفاع سطح آب از ۱۶۰ متر به ۱۷۹ متر رسید. نتیجه حاصل از تحقیق نشان داد که بهره‌گیری از مدل‌های دینامیک سیالات محاسباتی برای مدل‌سازی جریان آب، ما را یک گام به پیش‌بینی‌های کلی‌تر برای فرایندهای حاکم بر جریان در رودخانه‌ها نزدیک‌تر می‌کند. همچنین، مدل CCHE2D از قابلیت خوبی جهت پیش‌بینی هیدرولیک جریان می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** شبیه‌سازی، سیلاب، کرخه، مدل، CCHE2D.





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01350167

## راستی آزمایی منطقه‌ای بارش‌های شدید و سیلابی در مناطق کوهستانی استان اصفهان با ده طرحواره میکروفیزیکی و گام‌های مکانی مختلف

لیلا امینی<sup>۱\*</sup>، مجید بیجندی<sup>۲</sup>، غلامرضا خاکیان دهکردی<sup>۲</sup>، حجت‌اله علی عسکریان<sup>۳</sup>

۱- رئیس مرکز تحقیقات اداره کل هواشناسی اصفهان.

۲- مدیرکل هواشناسی اصفهان.

۳- کارشناس تحقیقات هواشناسی کشاورزی نجف‌آباد.

۴- کارشناس مرکز پیش‌بینی.

Labi475@gmail.com



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سواحل طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

### چکیده:

وقوع بارش سنگین یکی از عوامل اصلی در ایجاد بحران و حوادث جوی در ایران می‌باشد، که در این راستا پیش‌بینی دقیق جهت توسعه اقتصادی اجتماعی بسیار ضروری است. به‌ویژه، پیش‌بینی بارش سنگین برای هشدار سیل، مدیریت بحران و کشاورزی و مدیریت منابع آب بسیار مهم است. در سال‌های اخیر با توجه به روند رو به رشد پدیده‌های حدی و فراوانی بارش‌های رگباری و کوتاه مدت از یک سو و کمبود آب و مسائل چالشی منابع آب در استان اصفهان، بیش‌ازپیش نقش پیش‌بینی هواشناسی و مدل‌های خرد و میان‌مقیاس را در تصمیم‌گیری‌های مهم و مدیریت ریسک نمایان کرده است. با توجه به اقلیم متفاوت استان اصفهان مدل‌های بزرگ‌مقیاس در زمینه پدیده‌های حدی و کوتاه مدت جوابگو نیست. در این تحقیق، دو مورد بارش سنگین در تاریخ‌های ۲۹/۱۰/۱۳۹۵ و ۳۱/۱۲/۱۳۹۵ در استان اصفهان با استفاده از مدل WRF، شبیه‌سازی و برای هر مورد ۵ طرحواره که جمعاً ۱۰ پیکربندی موردپژوهش قرار گرفت. در مورد بارش مورخ ۲۹ اکتبر ۱۳۹۵ گام‌های مکانی ۱۳/۵ و ۴/۵ و در مورد بارش ۳۱ دسامبر ۱۳۹۵ گام مکانی ۹ و ۳ کیلومتر انتخاب گشت. در هر ۵ پیکربندی با ثابت نگهداشتن شرایط و تنها تغییر شرایط میکروفیزیکی تحقیق و مقایسه انجام شد مدل در زمینه نشان دادن منطقه ناپایداری شدید خیلی دقیق بوده به‌ویژه در گام‌های مکانی کمتر دقیق‌تر عمل کرده است بررسی زمانی نشان می‌دهد که

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦ info@ifmc.ir  
♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۵  
www.ifmc.ir



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

زمان وقوع نیز به خوبی نشان داده شده است. با توجه به عدم وجود ایستگاه در برخی مکان‌های کوهستانی و ارتفاعات مسلماً مقایسه نقطه‌ای با خطای بیشتری همراه است هرچند مکان‌های درگیر با بلایا اکثر مواقع این نقاط می‌باشد و پهنه‌بندی خروجی‌ها گام مؤثری در شناخت و پیش‌بینی و پیشگیری این بلایا می‌گردد.

۲- از آنجا که داده‌های واقعی بارش برای هر تاریخ بین ساعت ۶ گرینویچ آن روز تا ساعت ۶ گرینویچ روز بعد در نظر گرفته می‌شود ولی خروجی مدل میزان بارش از ساعت ۰ تا ۲۴ همان روز را به عنوان میزان بارش آن تاریخ در نظر می‌گیرد بخشی از اختلاف بین خروجی‌های مدل و داده‌های واقعی قابل توجیه می‌باشد.

**کلمات کلیدی: مدل WRF، گام مکانی و زمانی، طرحواره‌های فیزیکی، بارش شدید و سیلابی اصفهان، راستی‌آزمایی.**



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

HN-01610168

## بررسی تغییرات اقلیمی و سیلاب بر افزایش آلودگی‌های محیط‌زیست شهری و ساحلی بندر بوشهر

مازیار امین<sup>۱\*</sup>، منصوره حسن‌زاده<sup>۲</sup>

۱- آتش‌نشان اداره کل بنادر و دریانوردی استان بوشهر؛ Maziyar.aminbpmo@gmail.com

۲- کارشناس سواحل و بنادر اداره کل بنادر و دریانوردی استان بوشهر.



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سواحل طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

### چکیده:

بررسی آمار موجود شاخص‌های هیدرولوژیک و رخداد‌های سیل، نشان می‌دهد که مناطق جنوب غرب و جنوب شرق از سیل خیزترین نقاط کشور می‌باشد، استان بوشهر با مساحتی در حدود ۲۸ هزار کیلومترمربع با اقلیم خشک و بیابانی، متوسط بارندگی حدود ۲۵۰ میلی‌متر و ریزش اندک جوی، تابع وضعیت جغرافیایی و اقلیمی غالباً به صورت رگبار بوده که عمدتاً نیز از دسترس خارج می‌گردد. در تحقیق حاضر ابتدا موقعیت جغرافیایی بندر بوشهر بررسی و شرایط عوامل اقلیمی در منطقه مورد بررسی قرار گرفت. سپس با تعیین ارتباط عوامل اقلیمی در گسترش آلودگی‌های محیط‌زیست (پساب و پسماند)، راهکارهای کاهش و کنترل آلودگی‌ها تعیین شد. نتایج نشان داد با توجه به اینکه این بندر دارای بارش فصلی از نوع کم و شدید به‌ویژه در زمان‌های اوج مد دریا می‌باشد، همچنین به دلیل قلیایی بودن جنس زمین و جاری شدن حجم وسیع آب تا مرز سیلابی شدن، پسماندهای تفکیک نشده (که اصلی‌ترین عوامل بیماری‌زا می‌باشد) از طریق سیلاب سطحی به مناطق مسکونی، شهری و همچنین مجاورت ساحل جاری می‌شوند. این رواناب موجب افزایش آسیب‌های محیطی زیستی فراوان به محیط دریا و ساحل و خطر سلامت و شیوع بیماری ساکنین بندر بوشهر شده است. پیشنهاد می‌شود علاوه بر کنترل و سرعت در تفکیک پسماندها در فصول بارندگی، محل تجمع پسماندها نیز بر پایه حفظ محیط‌زیست و بهداشت شهروندی پیشگیری شود.

کلمات کلیدی: سیلاب، پسماند، محیط‌زیست، بارندگی، بوشهر.

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦♦♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۱۳۹۶ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



HN-00040172

## کاربرد و مدل‌سازی بارش - رواناب با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی (MLP) و مدل هیدرولوژیکی (HEC-HMS) در پیش‌بینی و شبیه‌سازی جریان در حوضه رودخانه کن

مصطفی میرمهدی<sup>۱\*</sup>، احمد شرافتی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری مهندسی عمران- مهندسی و مدیریت منابع آب واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی؛

mostafa.mirmehdi@yahoo.com

۲- عضو هیئت علمی دانشکده فنی و مهندسی واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی.

### چکیده:

فرآیند بارش رواناب یک پدیده به‌طور کامل پیچیده و غیرخطی در آب‌شناختی می‌باشد. مدل‌های مفهومی به‌طور وسیعی برای مدل‌سازی بارش- رواناب به کار برده می‌شوند. استفاده از مدل‌ها در شبیه‌سازی بارندگی- رواناب برای دسترسی به خصوصیات سیلاب از قبیل زمان رسیدن به دبی و زمان وقوع اوج متداول شده است. مدل‌های بارش- رواناب یکی از روش‌های تخمین رواناب و ابزاری مناسب برای مطالعه فرایندهای هیدرولوژیکی و ارزیابی منابع آبی می‌باشند. دو کاربرد مهم مدل‌های بارش- رواناب پیش‌بینی سیلاب و شبیه‌سازی فرایندهای هیدرولوژیکی است. از مدل‌های که در زمینه‌های مختلف علمی به کار برده شده و می‌تواند فرایند پیچیده بارش- رواناب را شبیه‌سازی کند و کاربردهای نسبتاً زیادی دارند استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی و شبکه عصبی می‌باشد. هدف از این تحقیق جهت شبیه‌سازی فرایند بارش- رواناب و بررسی کارآمدی مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) و مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS در شبیه‌سازی فرایند بارش- رواناب در حوضه آبریز رودخانه کن است. داده‌های مورد استفاده در مدل از مقادیر داده‌های مشاهداتی آبدهی و بارش ایستگاه هواشناسی و هیدرومتری موجود در یک دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۸۰-۱۳۶۰) جهت ورود به مدل استفاده شد. برای ارزیابی کارایی مدل‌های مورد استفاده، داده‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای جریان با استفاده از آماره‌های ضریب





با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

همبستگی، ریشه میانگین مربعات خطا و ضریب عملکرد مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان دهنده مقادیر ضریب همبستگی ( $R = 0.87$ ) و ریشه میانگین مربعات خطا ( $RMSE = 7.35$ ) برای مدل MLP و مقادیر ضریب همبستگی ( $R = 0.82$ ) و ریشه میانگین مربعات خطا ( $RMSE = 6.49$ ) برای مدل HEC-HMS می‌باشد. نتایج حاصل از واسنجی مدل نشان می‌دهد که توافق و همبستگی خوبی بین جریان‌های مشاهده شده و شبیه‌سازی وجود دارد و می‌توان گفت که مدل برای حوضه مناسب می‌باشد. اما شبکه عصبی در شبیه‌سازی جریان با توجه به ارزیابی‌های آماری نسبت به مدل هیدرولوژیکی از دقت بالاتری برخوردار است.

**کلمات کلیدی: مدل بارش- رواناب، HEC-HMS، مدل MLP، شبیه‌سازی، حوضه کن.**



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir



HN-00040173

## بررسی مسائل اقتصادی اجتماعی سیلاب‌های شهری رامسر

مجید عبادی فرا<sup>۱\*</sup>، حسن پورفلاح<sup>۲</sup>، امین عبادی فرا<sup>۳</sup>، خسرو تاجداری<sup>۴</sup>

۱- کارشناس ارشد شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان.

۲- دانشجوی دکتری عمران آب دانشگاه آزاد اراک (هیئت مدیره شرکت هیدروپژوهان یکم).

۳- کارشناس ارشد آب و سازه‌های هیدرولیکی دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

۴- کارشناس ارشد شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان.

### چکیده:

در حالی که بارش برف و باران در دنیا به عنوان یک بحران مطرح نیست، اما در کشور ما گاه با مدیریت نادرست، شرایطی غیرعادی و حتی بحرانی‌تر از سیل و یخبندان ایجاد می‌نماید. وقوع بارندگی و طغیان رودخانه صفارود در موارد متعددی موجب آبرگرفتگی شهر رامسر گردیده و خسارات شدیدی در ابعاد مختلف به صورت محسوس و نامحسوس به بار آورده است. در این تحقیق، مسائل اقتصادی اجتماعی مربوط به سیلاب و آبرگرفتگی شهر رامسر با استفاده از روش مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی مورد بررسی قرار گرفته است. برای این کار، علاوه بر گردآوری آمار و اطلاعات مربوط به مهم‌ترین سیلاب‌های حادث شده در این شهر طی سال‌های اخیر، پرسشنامه‌ای در قالب ۱۷ سؤال متنوع در ارتباط با پیامدها و اثرات نامطلوب آبرگرفتگی شامل مشکلات اجتماعی شهروندان پس از وقوع سیلاب، خسارات وارده و چگونگی مشارکت مردم و مسئولان در کاهش این خسارات، طراحی و در ۹۰ نقطه مختلف در سطح شهر مورد پرسش شهروندان قرار گرفت.

بررسی‌های به عمل آمده نشان می‌دهد، در طول چهار سال اخیر (۱۳۹۳ لغایت ۱۳۹۶)، چهار سیلاب ویرانگر و کم‌سابقه در سطح شهر رامسر جاری شده که طبق برآوردهای اولیه، مجموعاً بیش از ۲۰۰ میلیارد ریال خسارات مالی بر جای گذاشته‌اند. این سیلاب‌ها علاوه بر ایجاد خسارت و آسیب‌رسانی به تأسیسات زیربنایی و زیرساخت‌های شهر و به بار آوردن هزینه‌های انسانی و خدمات شهری قابل توجه، مشکلات اجتماعی عدیده‌ای را نیز در پی داشته‌اند. از مهم‌ترین پیامدهای سیلاب‌های شهری رامسر می‌توان به مسدود شدن راه‌های ارتباطی، تعطیلی مدارس و







با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

## پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

دانشگاه، آبگرفتگی واحدهای مسکونی و تجاری، قطع برق و تلفن، قطعی و آلودگی آب آشامیدنی، خطرات برق گرفتگی و غرق شدگی، تخریب آسفالت، پل و بناهای تاریخی، رانش زمین، شکسته شدن درختان، گیر افتادن شهروندان، مسافری و گردشگران و نیز خودروهای عبوری و نهایتاً یک مورد تلفات جانی اشاره نمود. نتایج مطالعات میدانی نشان می‌دهد، شهر رامسر همه ساله کم و بیش با وقوع سیل و آبگرفتگی مواجه بوده و در برخی از سال‌ها، این رویداد حتی چندین بار اتفاق می‌افتد. بیشترین خسارات ناشی از سیل، از نوع مالی و شامل آبیگری معابر و تخریب اماکن عمومی و میزان آن در حد متوسط و رو به زیاد گزارش شده است. نظرات غالب شهروندان مؤید مشارکت مردم در امداد رسانی به هموعان در هنگام وقوع سیل بوده و بالاترین نوع مشارکت مردمی، کمک در جهت کاهش خسارات و یاری رسانی به مصدومین بوده است. مسدود شدن راه‌های ارتباطی و مشکلات تردد و دسترسی به اورژانس و بیمارستان، مهم‌ترین معضلات مردم و امداد رسانی در هنگام وقوع سیلاب بوده و بیشترین نیازمندی شهروندان را تشکیل می‌دهد. میزان آلودگی‌های ناشی از سیلاب‌های شهری رامسر توسط شهروندان، متوسط رو به زیاد ارزیابی شده و گل آلودگی آب شرب و بهداشت ناشی از تخریب زیرساخت‌های منابع آب، بیشترین نوع آلودگی‌ها پس از جاری شدن سیل گزارش شده است.

**کلمات کلیدی: اقتصادی اجتماعی، سیلاب، رامسر، آبگرفتگی، خسارات.**



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir

۲۲ و ۲۳ آبان ماه ۱۳۹۶ / سالن همایش‌های  
راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی



پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

**5TH** [WWW.IFMC.IR](http://WWW.IFMC.IR)  
13-14 November 2017  
**COMPREHENSIVE CONFERENCE ON**  
**FLOOD** **ENGINEERING**  
**AND**  
**MANAGEMENT**

کد اختصامی ثبت همایش در  
پایگاه SC: ۹۶۱۷۵-۹۲۴۰۳

پیوست: فهرست اسامی افراد



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو  
موسسه تحقیقات آب



پژوهشکده سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ♦ ۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶  
♦ info@ifmc.ir  
♦ www.ifmc.ir



ایدون، محمدرضا ..... ۴۶۰

ایمانی، سمیه ..... ۳۱

## آ

آخوندزاده، علی ..... ۴۶۱

آزادی، مجید ..... ۳۸۰

آفریدگان، احسان ..... ۴۱۵

## ب

بابائی، جواد ..... ۴۱۹

بحری، معصومه ..... ۴۷۸

براتی، فرناز ..... ۴۷۵

بصیرپور، علی ..... ۳۵۸

بگی، حسینعلی ..... ۴۱۶

بلندنظر، سجاد ..... ۴۲۷

بنی‌زمان لاری، فرهاد ..... ۱۵۸

بهبهانی، محمدابراهیم ..... ۴۴۰

بهنام، بهروز ..... ۳۳۰

بیات، سوگند ..... ۴۵۲

بیجندی، مجید ..... ۴۸۴

## پ

پروان، علی ..... ۲۳۷

پژوهش، مهدی ..... ۴۶۵

پوراصلان، علی ..... ۴۱۹

پورحقی، امیر ..... ۲۹۳

## /

ابراهیمی گت کش، زهرا ..... ۴۰۳

ابراهیمی، کیومرث ..... ۴۵۲

احمدی توانا، بهمن ..... ۴۸۰، ۴۷۹، ۴۷۸، ۴۷۶

احمدی، محمدحسین ..... ۴۶۱

ادیب، آرش ..... ۴۲۶

اروند، صدیقه ..... ۴۶۳

اسکندری، مهرداد ..... ۴۳۵

اسلامی، حسین ..... ۴۷۳

اسلامی، حمیدرضا ..... ۳۶۶

اصغری کلایه، یوسف ..... ۴۳۰

افتخاری، مرتضی ..... ۴۵

افروشه، فاطمه ..... ۴۰۶

افسردیر، امیرحسین ..... ۴۶۶

افضل‌نیا، سید مهدی ..... ۴۴۲، ۴۴۱

اکبرزاده، پیمان ..... ۴۲۰

الطافی، مهرداد ..... ۴۰۶

الوند، رمضانعلی ..... ۴۱۲، ۶۵

امیدوار، بابک ..... ۴۸۱، ۴۶۸

امین، مازیار ..... ۴۸۶

امینی، لیلا ..... ۴۸۴

امین‌یاوری، صالح ..... ۱۸۵

انگبینی، سمیه ..... ۴۳۰



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

## چ

چترسیماب، زهرا ۴۷۵.....

## ح

حییبی، دانا ۴۳۷.....

حساس، حمید ۸۲.....

حسن‌پور درویشی، حسین ۴۵۳.....

حسن‌زاده، رضا ۴۰۲.....

حسن‌زاده، منصوره ۴۸۶.....

حسن‌لی، امیرمحمد ۳۱.....

حسینی شریعت پناهی، سید فردین ۴۲۰.....

حسینی، امین ۴۱۴، ۴۱۳، ۴۱۲، ۴۱۱، ۴۱۰، ۱۳۳.....

حسین‌پور طهرانی، مینا ۴۲۹.....

حسینی، محمدرضا ۴۱۴.....

حسینی، سید محمد ۱۷۲.....

حق‌بین، مسعود ۴۶۴.....

حیدرپور، منوچهر ۴۱۵.....

## خ

خاکیان دهکردی، غلامرضا ۴۸۴.....

خام‌چین مقدم، فرهاد ۴۵۵، ۴۰۵.....

خدابنده شهرکی، امین ۴۷۲.....

خداشناس، سعیدرضا ۴۶۷، ۴۳۶، ۴۲۲.....

خدایی، قربانعلی ۴۰۳.....

خرمی، وحید ۴۰۸، ۱۱۴.....

خزاعی، سحر ۴۱۸.....

پورفلاح، حسن ۴۸۹.....

پوریاری، مقصود ۱۵۸.....

پیرمردیان، محمدناصر ۴۱۶.....

پیری‌زاده، محبوبه ۴۶۹.....

## ت

تاجداری، خسرو ۴۸۹.....

تجری، حمیدرضا ۴۱۳، ۴۱۲، ۴۱۱، ۴۱۰، ۱۳۳.....

۴۱۴

ترابی، مهدی ۴۳۳.....

تقی‌زاده، حسین ۴۴۰.....

## ث

ثقفیان، بهرام ۱۸۵.....

## ج

جعفری، محمد حسین ۴۴۱.....

جلیلوند، زهرا ۴۶۹.....

جمال، عبدالرحیم ۲۳۷.....

جمشیدی، تورج ۴۴۹.....

جمشیدی، حسین ۴۱۴.....

جمشیدی، رضا ۱۱۴.....

جمشیدی، سینا ۴۳۲.....

جوانمرد قصاب، مجید ۳۶۶.....

جواهری، نصراله ۴۳۳.....

جهانگیر، محمدحسین ۴۴۷، ۴۴۳.....



وزارت راه و شهرسازی



وزارت نیرو

مؤسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی



شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦♦♦ info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



رضایی بنیس، نادر ..... ۳۶۶

رنجبر سعادت‌آبادی، عباس ..... ۴۵۰, ۴۴۹, ۳۸۰۰

روحی طرقي، هادی ..... ۴۴۷

روزبهانی، رضا ..... ۳۱

روشن نکو، پروین ..... ۲۷۹

## ز

زرگر، مرتضی ..... ۳۰۵

زنگویی، محمد ..... ۴۴۲, ۴۴۱

## س

ساکت، علی ..... ۴۷۹

سرمدی سیفی، علی‌اکبر ..... ۴۷۸, ۴۷۶

سعادت‌مند، یوسف ..... ۴۲۸, ۲۰۳

سعیدی، علیرضا ..... ۴۶۶

سلطانی، نبی‌اله ..... ۴۷۸, ۴۷۶

سمواتی، رامین ..... ۴۶۸

سیدکلادی، سید مهدی ..... ۶۵

## ش

شاکری، اقبال ..... ۴۶۹

شامی، محمدرضا ..... ۴۶۶

شاه‌سوندی، محمد ..... ۴۵

شرافتی، احمد ..... ۴۸۷, ۴۶۴

شعبانی، بهروز ..... ۴۱۰, ۶۵

شعبانی، شاهین ..... ۴۳۴

شفقتی، مهدی ..... ۱۰۱

خسروی چنار، معصومه ..... ۴۴۶, ۴۴۴

خسروی‌ان چترودی، مهدیه ..... ۴۰۲

خلیلی، داور ..... ۴۲۵

## د

داودیان دهکردی، علیرضا ..... ۴۶۵

داودیان، حیدر ..... ۱۳۳

داوری، کامران ..... ۴۳۶

درویش مجنی، فرزاد ..... ۴۲۲

دستجردی، عادل ..... ۴۵۴

دستنبو، نادر ..... ۴۵۱

دستنبو، نیما ..... ۴۵۱

دستورانی، محمدتقی ..... ۴۴۶, ۴۴۴

دلقدی، مهدی ..... ۴۶۳

دولتی، بهروز ..... ۴۰۸, ۱۱۴

دهبان، حسین ..... ۳۱

دهقان، حسین ..... ۴۱۳

## ذ

ذکایی، محمد ..... ۴۵

ذوالفقاری، علی‌اصغر ..... ۴۳۸

## ر

رجبی، محمدرضا ..... ۴۲۰

رحیمی، نغمه ..... ۴۰۵

رستمی‌نژاد، مریم ..... ۴۷۰

رضایی ارجرودی، عبدالرضا ..... ۱۵۸



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

|               |                      |
|---------------|----------------------|
| ۴۶۱.....      | عباسپور عرشی، مهران  |
| ۴۳۸.....      | عباس زاده، مریم      |
| ۱۸۵.....      | عبدالمنافی، علیرضا   |
| ۸۲.....       | عزیزیان، ابوالفضل    |
| ۴۸۳.....      | عصاره، علی           |
| ۴۵.....       | عطاری، جلال          |
| ۴۴۲, ۴۴۱..... | علامتیان، ابراهیم    |
| ۴۸۴.....      | علی‌عسکریان، حجت‌اله |
| ۴۶۳.....      | علیپور، اکبر         |
| ۴۵۹.....      | علی‌نژاد، مریم       |
| ۴۳۹.....      | عندلیب، علیرضا       |
| ۴۵۸.....      | عندلیب، محمد         |
| ۳۶۶.....      | عیوضی، معصومه        |

## غ

|          |              |
|----------|--------------|
| ۴۲۰..... | غلامی، حسن   |
| ۱۵۸..... | غلامی، مهران |

## ف

|                    |                        |
|--------------------|------------------------|
| ۱۰۱.....           | فتاحی اردکانی، محمدعلی |
| ۴۵۰, ۴۴۹, ۳۸۰..... | فتاحی، ابراهیم         |
| ۲۷۹.....           | فتح‌الله زاده، محمد    |
| ۴۱۸.....           | فخاری، مریم            |
| ۱۷۲.....           | فرازجو، حسن            |
| ۴۰۲.....           | فرشاهی، نازنین         |
| ۴۵۶.....           | فرامرزی، شادی          |

|          |                      |
|----------|----------------------|
| ۴۷۱..... | شکری مریدانی، زمانه  |
| ۴۶۵..... | شمس قهفرخی، غلامرضا  |
| ۲۹۳..... | شهبازی، علی          |
| ۴۳۵..... | شهینی دارابی، مهرنوش |
| ۲۳۷..... | شیخ‌متولی، امیرحسین  |

## ص

|          |                        |
|----------|------------------------|
| ۳۵۸..... | صادقی، احمدرضا         |
| ۴۱۹..... | صادقی، فاطمه           |
| ۴۶۷..... | صالحی، محمد            |
| ۴۰۶..... | صحراپیان، علیرضا       |
| ۴۳۵..... | صفرنژادی، غلامرضا      |
| ۴۳۳..... | صمدی، امیر             |
| ۴۲۶..... | صوری دمیچی سفلی، مسعود |

## ض

|          |               |
|----------|---------------|
| ۳۸۰..... | ضیائیان، صادق |
|----------|---------------|

## ط

|          |                     |
|----------|---------------------|
| ۳۳۰..... | طاهر شمسی، احمد     |
| ۴۵۳..... | طاہری قزوینی، پژمان |

## ظ

|          |                 |
|----------|-----------------|
| ۴۱۸..... | ظریف، بتول      |
| ۴۲۲..... | ظهیری، عبدالرضا |

## ع

|          |                |
|----------|----------------|
| ۴۸۹..... | عبادی‌فر، امین |
| ۴۸۹..... | عبادی‌فر، مجید |



سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
info@ifmc.ir  
www.ifmc.ir





# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۴۰۳-۹۶۱۷۰



کی منش، محمودرضا ..... ۲۲۱

کیائی، علی ..... ۳۳۰

## گ

گرشاسبی، پرویز ..... ۱۰۱

گنجی نوروزی، زهرا ..... ۴۶۳

گندمی، محمد امین ..... ۴۷۳

گیلک، داود ..... ۴۱۰

## ل

لشکریلوکی، محسن ۱۳۳، ۴۱۰، ۴۱۱، ۴۱۲، ۴۱۳،

۴۱۴

## م

متولی میدان‌شاه، فاطمه ..... ۲۵۴

محرمانی، پروانه ..... ۴۸۱

محمدرضاییک، مهسا ..... ۴۶۸

محمودلی سامانی، حسین ..... ۳۰۵

محمدی، مجید ..... ۴۳۸

محمودی مهماندوست، حامد رضا ..... ۴۵۵

محمودی، امیرعباس ..... ۲۲۱

محمودیان شوشتری، محمد ..... ۴۲۶

مختارپور، اکبر ..... ۴۳۶

مختاری مطلق، پیمان ..... ۳۵۸

مساعدی، ابوالفضل ..... ۴۴۴، ۴۴۶

مطوف، شریف ..... ۴۳۹

مطهری، عبدالهادی ..... ۴۵۸

فرخ‌نیا، اشکان ..... ۳۱

فردین‌پور، بابک ..... ۴۱۷

فلاحی، بشیر ..... ۴۱۵

## ق

قادری، سید جمیل ..... ۴۳۷، ۲۶۴

قادری، سید محسن ..... ۲۶۴

قاسمی، محمد ..... ۴۶۰

قدرتی، علیرضا ..... ۴۲۳

قربانی، فرشید ..... ۴۵۶

قزل سوفلو، عباسعلی ..... ۴۵۹

قشقایی‌زاده، نسیم ..... ۴۶۰

قندهاری، محمد ..... ۴۳۹

## ک

کاسی، امیر ..... ۴۱۷

کااوند، الهه ..... ۴۳۲

کامیار، احمد ..... ۴۷۵

کاویانی، مهشید ..... ۲۵۴

کریم‌خانی، مهناز ..... ۴۵۰، ۴۴۹

کریمی بهبهانی، سعید ..... ۴۳۵

کریمیان کاکلیکی، روح‌اله ..... ۴۶۵

کریمی‌راد، ایمان ..... ۱۷۲

کفایتی، مریم ..... ۴۱۷

کوچک خلف آبادی، علی ..... ۴۸۳

کوهلیکه، کریستین ..... ۴۲۹



با رویکرد پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی

# پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب

کد اختصاصی ثبت همایش در پایگاه ISC: ۹۶۱۷۰-۹۲۴۰۳

5th Comprehensive Conference on  
FLOOD Engineering & Management

نقشبندی، سیده آرزو ..... ۴۷۲  
نکویی مهر، محمد ..... ۴۰۹  
نوحه، محمدهادی ..... ۴۲۰  
نوحه‌گر، احمد ..... ۴۸۱، ۴۶۰  
نیکویی، آنا ..... ۴۰۲

## و

والی‌زاده، داریوش ..... ۲۳۷  
وظیفه دوست، مجید ..... ۳۸۰  
وفایی‌نژاد، علیرضا ..... ۴۵  
وهابی، جواد ..... ۴۰۸

## ه

هاشم‌پور مطلق شیرازی، سارا ..... ۴۲۵  
هنربخش، افشین ..... ۴۶۵

## ی

یاراحمدی، یزدان ..... ۴۴۳  
یزدانی، محمدرضا ..... ۴۳۸  
یوری، محمدرضا ..... ۱۳۳  
یوسفی، حسین ..... ۴۴۳

مفضلی، سید حمیدرضا ..... ۴۸۰، ۴۷۹  
موسوی، الناز ..... ۲۰۳  
موسوی، سید رضا ..... ۴۳۴، ۲۲۱، ۱۵۸  
موسوی، مریم ..... ۳۰۵  
مهری کلی، محمدرضا ..... ۴۰۱  
میردار هریجانی، فرشاد ..... ۴۷۵  
میررکنی، سید مجید ..... ۲۵۴  
میرزایی ارجنکی، سید یحیی ..... ۴۲۶  
میرزایی لیما، مرتضی ..... ۴۰۸، ۱۱۴  
میرزایی، افراسیاب ..... ۴۱۱، ۶۵  
میرزایی، مهدی ..... ۴۲۸  
میرمهدی، مصطفی ..... ۴۸۷

## ن

نامقی، هادی ..... ۴۵۴  
نسابه، سید محمودرضا ..... ۴۰۶  
نصراللهی، سمیه ..... ۱۰۱  
نظامیوند چگینی، امیر هوشنگ ..... ۴۷۱، ۴۷۰  
نظری، احمدرضا ..... ۴۶۶



وزارت نیرو



وزارت راه و شهرسازی



موسسه تحقیقات آب



پژوهشگاه سوانح طبیعی

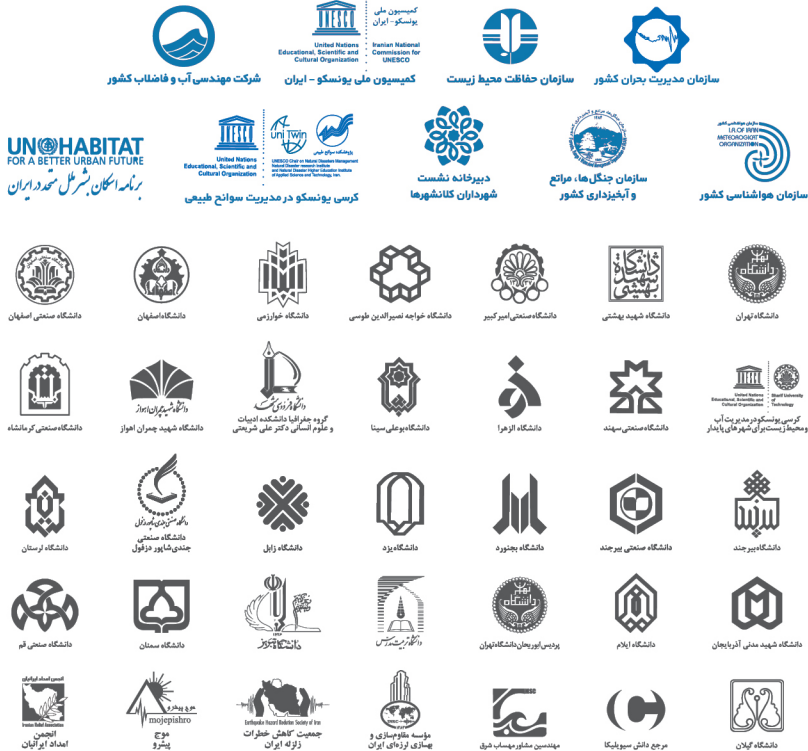


شرکت مدیریت منابع آب ایران

سالن همایش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران  
♦ info@ifmc.ir  
♦ www.ifmc.ir  
۲۲ و ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۶



## حامیان و مشارکت‌کنندگان (از ابتدا تا کنون)



متولی و مجری برگزاری کنفرانس

WWW.KIMIAKHERAD.IR

### ارتباط با ما

دفترخانه دائمی کنفرانس: شهرک دانشگاه صنعتی شریف، خیابان همدان،  
نیش بهار شرقی، پلاک ۳۶، کدپستی: ۱۴۹۷۹۵۴۶۶۱

EMAIL: INFO@IFMC.IR

FAX: ۰۲۱ - ۸۹۷۸۵۳۷۶

۰۲۱-۴۴۹۹۱۱۶۷-۸  
۰۲۱-۴۴۹۹۱۶۸۴-۶

ISBN: 978-600-04-9002-7



9 786000 490027

۲۰۰۰۰ تومان