

پیش‌بینی و هشدار سیل

تألیف:

دکتر کامران امامی	دکتر علی حیدری
مهندس شهیندخت تقی‌خان	مهندس محمدحسین سادات میرئی
مهندس مهرداد برخوردار	مهندس شادی مرادی فلاح

ویراستار

مهندس سیداسدالله اسدالهی

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
گروه کار رهیافت‌های فراگیر مدیریت سیلاب

پیش‌بینی و هشدار سیل / علی حیدری ... / او دیگران؛ ویراستار: سیداسدالله اسداللهی.
تهران: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۴.
۲۵۷ ص.، مصور، جدول، نمودار.

ISBN 964-6668-58-5 ریال: ۲۳۰۰۰

Flood forecast and warning guiding.

فهرست‌نویسی براساس اطلاعات فیما.

کتابنامه: ص. ۲۵۱ - ۲۵۷.

۱. سیل - پیش‌بینی. ۲. سیل - مهار. الف. حیدری، علی. ب. ایران. کمیته ملی آبیاری
و زهکشی.

۶۲۷/۲

TC۵۳۰ / ۱۶

۲۸۲۷ - ۸۲ م

کتابخانه ملی ایران

نام کتاب: پیش‌بینی و هشدار سیل

مؤلفین: دکتر علی میدری، دکتر کامران امامی، مهندس مهرداد برفوردار، مهندس
شهین‌دخت تقی‌فان، مهندس شادی مرادی فلاح، مهندس سید محمدحسین سادات
میرنی

ویراستار: مهندس سید اسدالله اسداللهی

ناشر: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

حروف چینی و صفحه‌آرایی: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

چاپ اول: (زمستان) ۱۳۸۴

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

شابک: ۵ - ۵۸ - ۶۶۶۸ - ۹۶۴

نشانی: تهران، خیابان شهید دستگردی، خیابان شهید کارگزار، خیابان شهید شهرساز، پلاک ۲۴.

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران: تلفن: ۲۲۵۷۳۴۸ نمابر: ۲۲۷۲۲۸۵

حق چاپ برای کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران محفوظ است.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول
	مقدمه‌ای بر پیش‌بینی هیدرولوژی
۱-۱-۱	مقدمه
۱-۲-۱	مشخصه‌های پیش‌بینی‌ها
۳-۱-۱	کارآیی پیش‌بینی‌های هیدرولوژی
۱-۲-۱	دقت و بهنگام بودن
۲-۲-۱	هزینه‌ها و منافع پیش‌بینی‌های هیدرولوژی
۴-۱	خدمات پیش‌بینی هیدرولوژی
۵-۱	انتشار پیش‌بینی‌ها و هشدارها
	فصل دوم
	سابقه سامانه‌های پیش‌بینی سیل در دنیا
۱-۲	مقدمه
۲-۲	سامانه‌های پیش‌بینی سیل در کشورهای آسیای شرقی
۳-۲	آمریکا
۴-۲	چین
۵-۲	سودان
۶-۲	کانادا
۶-۲	سد ابرقندی
۲-۶-۲	اطمینان از ظرفیت سرریز درسدهای شرکت Hydro- Quebec
۷-۲	نروژ
۸-۲	اسپانیا
۹-۲	سامانه پیش‌بینی سیل اروپا

صفحه	عنوان
۵۵	۱۰-۲- معرفی نرم‌افزارهای پیش‌بینی سیل
۵۵	۱-۱۰-۲- مدل Mike11
۵۸	۲-۱۰-۲- مدل Flood Work
۶۰	۳-۱۰-۲- مدل NWSRFS
	فصل سوم
	سامانه پیش‌بینی سیل در ایران
۶۵	۱-۳- مقدمه
۶۸	۲-۳- مطالعات پیش‌بینی سیل
۸۶	۳-۳- نقش سد‌های مخزنی در کاهش سیل
	فصل چهارم
	هواشناسی
۸۹	۱-۴- مقدمه
۹۰	۲-۴- منابع اطلاعاتی برای پیش‌بینی بارش
۹۰	۱-۲-۴- ایستگاه‌های زمینی
۹۱	۲-۲-۴- رادار
۹۱	۳-۲-۴- ماهواره
۹۲	۳-۴- بررسی سینوپتیکی منشأ بارش‌های ایران
۹۵	۱-۳-۴- توده‌های هوای تهاجمی بر ایران در زمستان
۹۷	۲-۳-۴- توده‌های هوای تهاجمی بر ایران در تابستان
۹۸	۴-۴- روش علمی و تجربی پیش‌بینی وضع هوا در ایران
۱۰۰	۱-۴-۴- ماهواره هواشناسی در ایران
۱۰۱	۲-۴-۴- رادارهای هواشناسی در ایران
۱۰۱	۳-۴-۴- سیستم‌های جوی با بارش‌های سیل‌آسا در ایران

عنوان

صفحه

۱۰۲	۵-۴- ماهواره‌های هواشناسی
۱۰۵	۴-۵-۱- نحوه ارسال تصاویر
۱۰۷	۴-۶- رادارهای هواشناسی
۱۰۸	۴-۶-۱- انواع رادارهای هواشناسی
۱۰۹	۴-۶-۲- اندازه‌گیری بارش توسط رادار
۱۰۹	۴-۶-۳- مزایا و کاربردهای رادار در هواشناسی و هیدرولوژی
۱۱۰	۴-۶-۴- مشاهدات رادار برای سامانه‌های میان مقیاس
۱۱۶	۴-۷- پیش‌بینی مقدار بارش (QPF)
۱۱۶	۴-۷-۱- روش تجربی
۱۱۷	۴-۷-۲- روش آماری
۱۱۷	۴-۷-۳- روش فیزیکی
	۴-۸- وظایف سازمان هواشناسی در پیش‌بینی سیل و
۱۱۹	کاهش خسارات ناشی از وقوع آن
	۴-۸-۱- پیش‌بینی‌های سازمان هواشناسی و اثر آن
۱۱۹	در کاهش خسارات سیل

فصل پنجم

اطلاعات مورد نیاز پیش‌بینی هیدرولوژی

۱۲۵	۵-۱- مقدمه
۱۲۶	۵-۲- اطلاعات برای توسعه روش‌های پیش‌بینی
۱۲۶	۵-۲-۱- متغیرهای هیدرولوژی
۱۲۶	۵-۲-۲- مشخصات حوضه آبریز
۱۲۷	۵-۲-۳- مشخصه‌های رودخانه
۱۲۷	۵-۳- اطلاعات مورد نیاز برای راه‌اندازی مدل پیش‌بینی
۱۲۸	۵-۳-۱- بارندگی

صفحه	عنوان
۱۲۸	۵-۳-۲- برف
۱۲۹	۵-۳-۳- تراز آب و جریان رودخانه
۱۲۹	۵-۳-۴- دیگر اطلاعات مورد نیاز
۱۳۰	۵-۴- کاربردهای پیش‌بینی‌های هواشناسی
۱۳۰	۵-۵- دقت مشاهدات و فواصل زمانی اندازه‌گیری‌ها
۱۳۲	۵-۶- کسب اطلاعات اجرایی
۱۳۲	۵-۶-۱- شبکه‌ها
۱۳۳	۵-۶-۲- سنجش از دور
	فصل ششم
	تکنیک‌های پیش‌بینی
۱۳۵	۶-۱- مقدمه
۱۳۶	۶-۲- همبستگی و رگرسیون
۱۳۸	۶-۳- شاخص رطوبت
۱۳۹	۶-۴- پیش‌بینی حداکثر تراز سیلاب
۱۴۲	۶-۵- پیش‌بینی‌های جریان براساس حجم ذخیره
۱۴۲	۶-۶- پیش‌بینی جریان‌های نزولی
۱۴۳	۶-۷- مدل‌های مفهومی جریان رودخانه
۱۴۴	۶-۸- تحلیل سری زمانی
۱۴۵	۶-۹- تکنیک‌های اصلاح پیش‌بینی
۱۴۶	۶-۱۰- پیش‌بینی احتمالاتی
	فصل هفتم
	پیش‌بینی‌های سیلاب و مدیریت منابع آب
۱۴۹	۷-۱- مقدمه

صفحه

عنوان

۱۴۹	۲-۷- پیش‌بینی سیلاب
۱۵۰	۳-۷- تندسیلاب‌ها
۱۵۱	۴-۷- پیش‌بینی تندسیلاب
۱۵۲	۱-۴-۷- تندسیلاب‌ها و کیفیت آب
۱۵۳	۲-۴-۷- سیلاب در مناطق شهری
۱۵۴	۳-۴-۷- شکست سد
۱۵۵	۵-۷- امواج ناشی از طوفان دریاها در رودخانه‌ها
۱۵۶	۶-۷- پیش‌بینی‌های منابع آب
۱۵۸	۷-۷- جریان‌های کم
۱۵۹	۸-۷- پیش‌بینی‌های ذوب برف
۱۶۰	۱-۸-۷- فرآیندهای رواناب ذوب برف در رودخانه‌های دلتایی
۱۶۱	۲-۸-۷- مدل‌های پیش‌بینی
۱۶۱	۳-۸-۷- روش‌های شاخص
۱۶۶	۴-۸-۷- پیش‌بینی‌های کوتاه و میان مدت رواناب ذوب برف
۱۶۷	۵-۸-۷- پیش‌بینی‌های بلندمدت ذوب برف
۱۶۷	۶-۸-۷- پیش‌بینی‌های فصلی ذوب برف برای مناطق دشتی
۱۶۹	۷-۸-۷- پیش‌بینی‌های فصلی ذوب برف برای مناطق کوهستانی

فصل هشتم

نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب

۱۷۱	۱-۸- مقدمه
۱۷۲	۲-۸- متدولوژی کار
۱۷۲	۳-۸- کاربرد نقشه‌های پهنه‌بندی در مدیریت سیلاب
۱۷۲	۱-۲-۸- تعیین حریم و بستر رودخانه‌ها
۱۷۲	۲-۲-۸- مطالعه و توجیه اقتصادی طرح‌های عمرانی

صفحه	عنوان
۱۷۲	۸-۳-۲- بیمه سیل
۱۷۳	۸-۳-۴- پیش‌بینی، هشدار، عملیات امداد و نجات
۱۷۴	۸-۴- روش‌های متداول در تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل
۱۷۴	۸-۴-۱- روش مشاهده‌ای و استفاده از داغاب سیلاب
۱۷۶	۸-۴-۲- مقایسه تصاویر هوایی منطقه
۱۷۷	۸-۴-۳- به کارگیری روابط ساده
۱۷۷	۸-۴-۴- استفاده از مدل‌های ریاضی
۱۸۳	۸-۴-۵- کلیات تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل در محیط GIS
۱۸۴	۸-۴-۵-۱- قابلیت‌های GIS در تهیه نقشه‌های پهنه سیل
۱۸۶	۸-۴-۵-۲- مدل‌سازی کلی تهیه نقشه پهنه‌بندی سیل در محیط GIS
۱۸۷	۸-۵- جمع‌بندی
	فصل نهم
	تجهیزات پیش‌بینی و هشدار سیل
۱۸۹	۹-۱- مقدمه
۱۸۹	۹-۲- انواع سیستم‌های هشدار سیل
۱۸۹	۹-۲-۱- سیستم دستی هشدار سیل
۱۹۰	۹-۲-۲- سامانه‌های خودکار هشدار سیل
۱۹۵	۹-۳- سخت‌افزارهای مورد استفاده
۱۹۵	۹-۳-۱- سخت‌افزارهای جمع‌آوری داده‌ها و شناسایی سیل
۱۹۵	۹-۳-۱-۱- باران‌سنج‌ها
۲۰۰	۹-۳-۱-۲- ایستگاه‌های هیدرومتری
۲۰۷	۹-۳-۱-۳- رادارها
۲۰۹	۹-۳-۱-۴- ایستگاه‌های هواشناسی
۲۱۰	۹-۳-۱-۵- ماهواره‌ها

۲۱۷	۹-۳-۱-۶- سنجش به وسیله هواپیما
۲۱۷	۹-۳-۲- سخت‌افزارهای انتقال و پردازش اطلاعات
۲۲۳	۹-۳-۳- شکل مخابره اطلاعات در سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیل
۲۲۷	۹-۳-۴- پخش هشدار
۲۲۹	۹-۴-۴- تعمیر و نگهداری
۲۳۱	۹-۴-۱- سامانه سنجش به هنگام خودکار
۲۳۲	۹-۴-۲- آنتن
۲۳۲	۹-۴-۳- واحد باران‌سنج‌ها
۲۳۲	۹-۴-۴- تشخیص‌دهنده تراز سطح آب
۲۳۳	۹-۴-۵- انتقال‌دهنده فشار آب
۲۳۳	۹-۴-۶- حسگرهای (سنسورهای) انتقال‌دهنده
۲۳۳	۹-۴-۷- لوله خروجی آب
۲۳۳	۹-۴-۸- ایستگاه مبنا (کامپیوتر، نرم‌افزار، رادیو)
۲۳۴	۹-۴-۹- تکرارکننده
۲۳۴	۹-۴-۱۰- لوازم یدکی

فصل دهم

مدیریت عملیاتی

۲۳۵	۱۰-۱- مقدمه
۲۳۷	۱۰-۲- انتشار هشدار
۲۳۹	۱۰-۳- تخلیه و نجات
۲۴۲	۱۰-۴- کاهش خسارات
۲۴۵	۱۰-۵- احیا
۲۴۷	۱۰-۶- آموزش عمومی
۲۴۹	۱۰-۷- پیش‌بینی مقدمات جهت اجرای طرح

صفحه

عنوان

۲۵۱

۱۰-۸. آمادگی و نگهداری طرح

۲۵۶

۱۰-۹. سازمان‌ها و مراکز مرتبط به تفکیک وظایف

۲۵۹

منابع و مراجع

سرآغاز

در جریان سیلاب‌های تابستان ۱۹۹۸ در رودخانه یانگ‌تسه، مقامات چینی در موقعیت دشواری برای تصمیم‌گیری قرار گرفته بودند. یکی از شهرهای مهم این کشور با جمعیت ۵ میلیون نفر در معرض خطر جدی آب‌گرفتگی قرار داشت و بر اساس دیدگاه مدیران حوادث غیر مترقبه، تنها گزینه نجات این شهر، انفجار سیل‌بندها و انحراف سیلاب به منطقه چین گینگ با جمعیت ۵/۰ میلیون نفر بود. به علت تبعات سنگین این امر، گزینه انحراف سیلاب توسط بالاترین ارگان تصمیم‌گیری اجرایی یعنی هیئت وزیران چین تصویب و مقدمات انفجار سیل‌بندها فراهم گردید. با توجه به اینکه تخریب یا عدم تخریب سیل‌بندها معمولا وابسته به افزایش تراز پیک به میزان چند سانتی‌متر می‌باشد، تصمیم‌گیری‌های حیاتی در هنگام وقوع سیلاب بایستی بر اساس پیش‌بینی‌های دقیق صورت پذیرد. در اوج بحران، سامانه‌های پیش‌بینی سیلاب نشان دادند که بدون تخریب سیل‌بندها و انحراف سیلاب نیز سیل‌بندها می‌توانند شهرهای پایین‌دست را از خطر سیلاب حفظ کنند. براساس این پیش‌بینی‌ها بود که انفجار سیل‌بندها عملی نگردید و هر دو شهر از خطر آب‌گرفتگی مصون ماندند.

موارد فراوانی مشابه آنچه در بالا گفته شد، شاهد کارآیی، اهمیت فوق‌العاده و ضرورت حیاتی سامانه‌های هشدار سیلاب می‌باشند. در سال‌های اخیر تغییر گرایش از مدیریت بحران به مدیریت ریسک و تأکید بر مدیریت دانایی‌محور، موجب ارتقای قابل ملاحظه سامانه‌های پیش‌بینی و هشدار گردیده است. زیرا موفقیت مدیریت ریسک بستگی مستقیم به دقت برآورد شرایط آینده دارد. در این رابطه بایستی توجه داشت که راداندازی سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار، کم‌هزینه بوده و نیاز به زمان زیادی ندارد. به علاوه، درصد قابل ملاحظه‌ای از هزینه‌های این سیستم‌ها مربوط به نیروی انسانی است که در کشورهای در حال توسعه با هزینه بسیار کمتری نسبت به کشورهای توسعه‌یافته قابل تأمین می‌باشد. افزون بر این، انقلاب اطلاعاتی و توسعه اینترنت، فرصت‌ها و امکاناتی را که پیش از این، کارشناسان سیلاب در رویا هم نمی‌دیدند برای ارتقای کارآیی سامانه‌های پیش‌بینی فراهم آورده است. از طرف دیگر تعداد سیلاب‌های فاجعه‌بار در جهان رو به افزایش بوده است و تغییر اقلیم و توسعه عمرانی در سیلاب‌دشت‌ها موجب رشد خطرات سیلاب گردیده است. این روند

نکران‌کننده نیز توجه بیشتر به روش‌های غیرسازدای و به‌ویژه سامانه‌های پیش‌بینی و هشدار سیلاب را موجب گردیده است. برای مثال در تحقیقی که تحت عنوان Euro Flood توسط کشورهای اروپایی به انجام رسید، به‌کارگیری سامانه هشدار سیلاب به عنوان مهم‌ترین راهکار در تطبیق با تغییر اقلیم و افزایش تراز آب اقیانوس‌ها در قرن ۲۱ توصیه شده است.

اولین پیش‌بینی سیلاب در دنیای مدرن در سال ۱۸۵۴ در فرانسه به انجام رسید. در این سال بل‌کراند با استفاده از تلگراف و روابط بسیار ساده میان افزایش تراز در سرساخته‌ها و افزایش تراز رودخانه سن در پاریس، وقوع سیلاب را از سه روز قبل پیش‌بینی نمود. از آن زمان تاکنون، در عرصه سیستم‌های ارتباطی و سامانه‌های پیش‌بینی و هشدار سیلاب پیشرفت‌های عظیمی را شاهد بودیم، ولی تجربه پیش‌بینی سیلاب ۱۸۵۴ آشکارا نشان می‌دهد که در بسیاری از موارد با حداقل پایش و حوشیاری و روابط بسیار ساده می‌توان زمان پیش‌هشدار و ایمنی را به نحو قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. برای مثال در کشور هند با مدل‌های ساده بیش از ۹۵ درصد سیلاب‌ها با دقت قابل قبولی پیش‌بینی می‌شوند. بنابراین به‌نظر می‌رسد با توجه به محدودیت منابع مالی، راهبرد اجرای مرحله‌ای سامانه‌های پیش‌بینی و هشدار در بسیاری از کشورهای در حال توسعه منافع قابل ملاحظه‌ای را موجب گردد.

بر اساس این راهبرد ابتدا بایستی در مناطق پرخطر، سامانه‌های ساده و کم‌هزینه راه‌اندازی کرد و در مراحل بعد به‌تدریج سیستم‌های پیشرفته را حاکم نمود. نکته مهم دیگر این است که پیش‌بینی سیلاب نیاز به همکاری نزدیک کارشناسان هواشناسی، هیدرولوژی، هیدرولیک، منابع آب و کارشناسان حوادث غیرمترقبه دارد. برای این منظور، تشکیل یک تیم چندرشته‌ای و ارتقای روابط میان کارشناسان، اثربخشی این رهیافت را افزایش می‌دهد. هر چند که بدون چالش نیز نخواهد بود، گروه کاری رهیافت‌های فراگیر سیلاب کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران که متشکل از کارشناسان هواشناسی، هیدرولوژی، هیدرولیک، منابع آب، عمران و مهندسی رودخانه می‌باشد، با توجه به اهمیت سامانه‌های پیش‌بینی و هشدار سیلاب و با تکیه بر چند رشته‌ای بودن گروه کاری، اقدام به تألیف کتاب حاضر نموده است. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران امیدوار است که ارائه این کتاب بتواند گامی مهم در جهت

ارتقای مدیریت دانایی محور و مدیریت ریسک و کاهش تلفات ناشی از بلایای طبیعی به خصوص سیلاب، با راداندازی سامانه های پیش بینی و هشدار سیلاب در کشورمان باشد. با توجه به اینکه برنامه چهارم توسعه کشور، «برنامه دانایی محور» نامیده شده است، دستیابی به اهداف فوق دور از دسترس نمی باشد.

در آخرین روزهایی که ویرایش این کتاب در حال انجام بود، سونامی دسامبر ۲۰۰۴ در جنوب آسیا، فاجعه بارترین بالای طبیعی در دنیای مدرن، ۳۰۰ هزار نفر را به کام مرگ کشید. بر اساس برآورد کارشناسان، در صورت وجود سیستم های هشدار سونامی، جان ۲۰۰ تا ۲۵۰ هزار نفر نجات می یافت. بسیاری از کارشناسان اعتقاد دارند که حتی سیستم های ساده هشدار با هزینه ناچیز، قابلیت نجات جان بیش از ۵۰ درصد قربانیان این فاجعه را داشتند. لازم به ذکر است که در آخرین اجلاس کشورهای جنوب شرق آسیا که قبل از وقوع سونامی تشکیل شد، ایجاد سیستم هشدار سونامی مطرح گردید ولی به علت محدودیت منابع مالی این طرح تصویب نشد. هم اکنون ایجاد یک سیستم جامع هشدار سونامی به سرعت در حال انجام است و بر اساس پیش بینی ها این سیستم در ظرف یک سال به بهره برداری خواهد رسید. در هر صورت، در جریان سونامی اقیانوس هند راهبردهایی که توسط کارشناسان برجسته جهانی از سال ها پیش مطرح شده بود، کارآیی خود را اثبات کرده است. هرچند بهای بسیار سنگینی برای آن پرداخته شد. بشر در قرن بیست و یکم با چالش های خطیری روبرو است و تنها با تکیه بر توسعه انسان محور و مدیریت دانایی می تواند بر این چالش ها با کمترین هزینه فایق آید.

در پایان لازم می دانم از همکاران گروه کار رهیافت های فراگیر مدیریت سیلاب که در نگارش کتاب همت گماردند قدردانی نمایم، همچنین از آقایان جبار وطن فدا، رضا سبزیوند، علیرضا نجفی و خانم فریبا آوریده که در بازبینی کتاب همیاری کردند تشکر می نمایم.

سیداسدالله اسدالهی

دبیرکل کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران