نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۲، ص. ۴۷۱-۴۶۲

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.3, Jul.-Agu. 2013, p. 462-471

توسعه مدل شبیه‌سازی – بهینه‌سازی در حفاظت مناطق سیل‌گیر

امید بزرگ حداد[1*]- سارا خسروشاهی اصل[2]- محبوبه زارع‌زاده[3]- پوریا جوان[4]

تاریخ دریافت:۱۳۹۰/۷/۱۸
تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۷/۳۰

چکیده

امروزه به دلیل تجاوز انسان‌ها به حریم رودخانه‌ها و نیز تخریب پوشش گیاهی، خسارات ناشی از وقوع سیل افزایش یافته است. این عوامل سبب می‌شوند تا علاوه بر افزایش خسارات جانی و مالی، خساراتی نظیر فرسایش خاک در بالادست و رسوب‌گذاری در پایین دست نیز به وجود آیند. در این تحقیق هدف، ارائه راهکاری به منظور کاهش خسارات ناشی از وقوع سیل با استفاده از روش سازه‌ای و نیز بررسی پهنه سیلاب در اطراف رودخانه‌ها و بررسی مکان‌های مناسب برای ایجاد دیواره‌های حفاظتی در مناطق پرخطر می‌باشد. به منظور دستیابی به بیشینه سود ناشی از کنترل سیل و نیز کمینه هزینه احداث دایک‌های حفاظتی از الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک استفاده شده است. تابع هدف در این تحقیق بیشینه کردن سود طرح می‌باشد. مدل برای رودخانه صرم و خورآباد استان قم برای طول تقریباً ۱۰ کیلومتر از رودخانه با دبی حداکثر سیلاب برای دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله به ترتیب برابر با ۲۷۹ و ۳۳۲ متر مکعب بر ثانیه اجرا شد. به منظور طراحی دیواره‌ها از خاکریزهای ذوزنقه‌ای با شیب ثابت دیواره استفاده شده است. محل و ارتفاع مناسب این دیواره‌ها به نحوی تعیین می‌شوند که میزان خسارتی که در صورت احداث دایک‌های حفاظتی به منطقه وارد نخواهد شد منهای هزینه ساخت دایک‌های حفاظتی بیشینه گردد. در صورت احداث دایک‌های حفاظتی میزان خسارت وارد شده به منطقه حدود ۹۹ درصد نسبت به شرایط عدم وجود دایک کاهش یافته است.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی سیل، دایک‌های حفاظتی، بهینه‌سازی، الگوریتم ژنتیک

مقدمه

سیل از مهم‌ترین بلایای طبیعی می‌باشد. بررسی دقیق مجموعه عوامل طبیعی که زمینه‌ساز این بلایا هستند، نشان می‌دهد که دخالت انسان در چرخه طبیعت از طریق تخریب پوشش گیاهی، کاربری غیر اصولی اراضی، توسعه سطوح غیر قابل نفوذ و دیگر موارد، احتمال سیل‌خیزی را در مناطق گوناگون افزایش داده است. در نتیجه پهنه جریان سیلاب‌ها گسترش یافته و زمین‌های بیشتری در هنگام طغیان رودخانه‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرند و گاهی خسارت جانی و مالی زیادی را به بار می‌آورد. در دهه‌های اخیر اقدامات مهم و قابل توجهی در جهت توسعه روشها در رودخانه‌هایی که دارای سیلاب‌های پرخطر می‌باشند، صورت گرفته است. این اقدامات شامل روش‌های سازه‌ای کنترل سیلاب می‌باشد. از جمله روش‌های سازه‌ای می‌توان به احداث سدها و مخازن، احداث کانال‌های سیل‌بر، احداث دایک‌های حفاظتی و مواردی از این قبیل اشاره نمود که این روش‌ها نیازمند به صرف هزینه زیادی در زمان ساخت و اجرای این سازه می‌باشد. از دیگر روش‌های کنترل سیلاب روش غیر سازه‌ای می‌باشد که در این روش به جای دور کردن سیلاب از مناطق در معرض خطر، با روش‌هایی نظیر مدیریت بحران خسارات ناشی از سیل را کاهش می‌دهند. انحراف سیل، آبخیزداری، تغییر الگوی کشت و شخم زدن در جهت خطوط تراز از جمله روش‌های غیر سازه‌ای کنترل سیلاب به شمار می‌آیند. یکی از روش‌های سازه‌ای ساخت دایک‌های حفاظتی در محل‌هایی می‌باشد که در هنگام وقوع سیل خسارات زیادی را متحمل می‌شوند. برای جلوگیری از اثرات مخرب اجتماعی و اقتصادی سیل در عوامل و عناصر جوی نمی‌توان تغییری ایجاد نمود. بنابراین برای کاهش این اثرات باید از یکی از روش‌های کنترل سیلاب استفاده

۱- دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: OBHaddad@ut.ac.ir)
۲- دانش‌آموخته کارشناسی گروه مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس
۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز

Archive of SID
www.SID.ir

نمود. مدل HEC-RAS یک مدل یک بعدی است که به کاربر امکان انجام محاسبات هیدرولیک رودخانه در حالت جریان پایدار و ناپایدار و نیز امکان قرار دادن دایک‌های حفاظتی در مقاطع مختلف را می‌دهد (۷). این مدل توسط گروه مهندسی ارتش امریکا (USACE) تهیه شده است که در واقع نسخه جدید مدل HEC-2 می‌باشد. سالمیان (۱) به پهنه‌بندی خطر سیلاب رودخانه بشار یاسوج توسط نرم افزار HEC-RAS و تلفیق نتایج با سیستم اطلاعات جغرافیایی[1] (GIS) پرداخت. Mansor (۱۰) در تحقیقی با استفاده از ترکیب GIS، سنجش از دور[2] (RS) و مدل هیدرودینامیکی MIKE11، مدلی را برای هشدار زودهنگام سیل بر روی رودخانه لنگات واقع در کشور مالزی، ارائه کرد و به بررسی دقت نقشه‌های پهنه سیل‌گیر پرداخت. در زمینه پهنه‌بندی سیل و خطر ناشی از آن، مطالعات متعددی انجام گرفته است. در همین راستا در تحقیق دیگری پرابوژان و تاناوود (۱۳) به پهنه‌بندی خطر و ریسک سیل در جنوب تایلند در محیط نرم‌افزاری GIS پرداختند. همچنین در این تحقیق عامل‌های هیدرولوژیکی در زمینه خطر ناشی از سیل را نیز مطرح نمودند. تاناوود و همکاران (۱۵) بحث خطر سیل را در شهرهایی با گسترش در اطراف رودخانه‌ها مطرح نمود. یالسین و آکورک (۱۸) نیز با مدل‌سازی چند حوضه در ترکیه سعی بر آسیب‌سنجی این حوضه‌ها با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره داشتند. همچنین پلت (۱۲) و واترا و اوانس (۱۷) تدقیق ریسک مواجه با سیل را با مدیریت داده‌های استخراج شده از تحلیل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی و تلفیق این داده‌ها با یکدیگر مرتبط دانستند. اولسن و همکاران (۱۱) رویکردی دینامیک را برای مدیریت سیل ارائه نمودند. در این رویکرد تغییرات آینده کاربری اراضی، پارامترهای رودخانه، توسعه اقتصادی و تغییر اقلیم در حوضه آبریز نیز مورد بررسی قرار گرفتند. حفاظت سیلاب - دشت‌ها بر اساس هزینه‌های ساخت گزینه‌های کنترل سیلاب و کاهش خسارت سالانه مورد انتظار مورد بررسی قرار گرفته است.

درصورت منفصل بودن و یا تغییرات ناگهانی تابع هدف استفاده از الگوریتم‌های سنتی بهینه‌سازی میسر نمی‌باشد. همچنین الگوریتم‌های سنتی در مسائل کوچک با تعداد متغیرهای محدود مؤثر می‌باشند و در شرایطی که تعداد متغیرهای تصمیم زیاد هستند، کارآیی چندانی نخواهند داشت. با توجه به قابلیت‌های الگوریتم‌های تکاملی در رفع این گونه معضلات، در سال‌های اخیر از الگوریتم‌های تکاملی بیشتر استفاده می‌گردد. الگوریتم ژنتیک[3] (GA) نیز نوع خاصی از الگوریتم‌های تکاملی است که به عنوان یکی از روش های تصادفی بهینه‌یابی شناخته شده، توسط هولاند (۸) ابداع شد. بعدها این روش با تلاش‌های گولدبرگ (۶) گسترش یافته و امروزه بواسطه توانائی‌های خویش، جایگاه مناسبی در میان دیگر روش‌ها دارد. پس از آن چن (۵) از GA در مدیریت منابع آب استفاده کرد. او جزء اولین کسانی بود که این علم را در زمینه مدیریت منابع آب به کار برد. شفیعی و همکاران (۱۴) چندین رویکرد مختلف را برای فرموله کردن GA با استفاده از آنالیز حساسیت مطرح نمودند. در تحقیق دیگری کاراموز و همکاران (۹) دو مدل بهینه‌سازی ارائه نمودند. یکی از این مدل‌ها برای تعیین ترکیب گزینه‌های کنترل سیلاب دائمی و ضروری مورد استفاده قرار گرفت و دیگری به منظور تعیین الگوی کشت بهینه در طول رودخانه به کار گرفته شد. در تحقیق آنها نیز GA به عنوان ابزار بهینه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است.

در مجموعه مطالعات انجام شده در زمینه منابع آب به طور عام و مهندسی کنترل سیل به طور خاص، کاهش خسارت ناشی از سیل و هزینه‌های ناشی از سازه‌های حفاظتی دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. این مقاله با ارائه روشی قانونمند و نظام‌گرا، بار محاسباتی تحقق این هدف را به طور چشم‌گیری کاهش داده و در مقابل، دقت محاسبات را به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش داده است. لذا در این تحقیق موارد زیر در این راستا مد نظر قرار گرفته است: ۱- ایجاد ارتباط بین مدل‌های شبیه‌ساز و بهینه‌ساز (HEC-RAS و GA) که تا کنون انجام نگردیده است و به نوعی نوآوری در تکنیک مورد استفاده می‌باشد. با انجام این ارتباط، امکان انجام مطالعات بیشتر در زمینه بهینه‌سازی سامانه‌های رودخانه فراهم خواهد شد، ۲- ارائه مفهوم بهینه‌سازی دیواره‌های حفاظتی به صورت متغیر در ارتفاع در طول رودخانه که باعث کاهش چشم‌گیر هزینه‌های اجرایی طرح خواهد گردید و (۳) افزایش دقت و کاهش زمان انجام محاسبات در مقایسه با روش شبیه‌سازی‌های مکرر.

در تحقیق حاضر با استفاده از یک مدل شبیه‌سازی – بهینه‌سازی و با به کارگیری روش سازه‌ای ساخت دایک‌های حفاظتی، خسارت ناشی از سیل را به نحوی کاهش دهد که سود خالص طرح بیشینه گردد. سود خالص برابر با میزان خسارتی که به دلیل وجود دایک‌ها از بین می‌رود، منهای هزینه ساخت دایک‌های حفاظتی است. یکی دیگر از اهداف این تحقیق بهینه‌سازی محل قرارگیری دایک‌های حفاظتی بر پایه بهینه نمودن هزینه احداث دایک‌ها و نیز کاهش خسارات ناشی از سیل می‌باشد که به دلیل منفصل بودن تابع هدف و نیز زیاد بودن تعداد متغیرهای تصمیم از GA استفاده شده است. شبیه‌سازی منطقه در مدل HEC-RAS انجام شده است. بنابراین در این تحقیق نقش شبیه‌سازی بر عهده مدل HEC-RAS و بهینه‌سازی بر عهده GA می‌باشد که این دو مدل با برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزاری مطلب به یکدیگر متصل شده‌اند. طراحی سازه‌های کنترل جریان مانند سدها و سیل بندها به نحوی است که بتوانند یک سیلاب با دوره بازگشت معین را کنترل و خسارت ناشی از آن سیلاب را کمینه نمایند. دستیابی

1- Geographic Information System
2- Remote Sensing
3- Genetic Algorithm

Archive of SID

www.SID.ir

به سطوح اطمینان بالاتر برای کنترل سیل مستلزم افزایش ارتفاع و یا افزایش طول دایک‌ها می‌باشد، که این موارد سبب افزایش هزینه اولیه ساخت خواهد شد. به همین دلیل طراحان باید به گونه ای این سطح اطمینان را انتخاب نمایند، تا علاوه بر کاهش خسارت، مسائل اقتصادی طرح نیز بهینه گردد.

در طی چند دهه اخیر سیلاب‌های مختلفی در روستاهای حاشیه رودخانه‌های استان قم حادث شده است که خسارات مختلفی به منازل مسکونی، زمین‌های زراعی، باغات، دام، جاده‌های فرعی و اصلی و دیگر تأسیسات روستاها وارد نموده است. از جمله سیل‌های به وقوع پیوسته در این استان، سیل‌هایی در سال‌های ۱۳۴۳ ،۱۳۵۳ ،۱۳۶۸ ، ۱۳۷۱، ۱۳۷۲ ،۱۳۷۳، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸ را می‌توان نام برد. به همین دلیل، این منطقه به عنوان منطقه مطالعاتی تحقیق حاضر انتخاب شد.

مواد و روش‌ها

الگوریتم ژنتیک (GA)

GA یک روش تصادفی برای بهینه‌سازی و جستجو می‌باشد. این الگوریتم با مجموعه‌ای از نقاط تصادفی اولیه که جمعیت نامیده می‌شوند، جستجوی خود را آغاز می‌کند. هر عضو از جمعیت، کروموزم نامیده می‌شود که بیانگر یک جواب مسئله می‌باشد. کروموزوم‌ها در هر تکرار که نسل نامیده می‌شود، متحول می‌گردند. یک کروموزوم ترکیبی از تعدادی ژن است که خصوصیات والدین را به فرزندان انتقال می‌دهند.

آنچه که تضمین می‌نماید GA به سمت جواب‌های متفاوت حرکت نماید، اعمال عملگرهای ژنتیکی و تکاملی می‌باشد. عملگر ژنتیکی شامل دو عملگر جهش[1] و ترکیب[2] می‌باشد. عملگر جهش می‌تواند تغییراتی در یک یا چند ژن از یک یا چند کروموزوم بوجود آورد. ترکیب، مهم‌ترین عملگر ژنتیک می‌باشد که در یک زمان بر روی هر دو کروموزوم از والدین و ترکیب آن دو کروموزوم برای ایجاد فرزندان انجام می‌شود. از عملگرهای تکاملی می‌توان به فرایند انتخاب[3] و چرخ رولت[4] اشاره نمود که یک سیاست تصادفی انتخاب والدین برای ایجاد جمعیت نسل آینده می‌باشد. بر اساس این قاعده هر کروموزوم بر حسب مقدار تابع هدف مربوطه، یک سطح از یک چرخ را به خود اختصاص می‌دهد. این سطح مشابه یک صفحه دارت عمل نموده و هرچه سطح مربوط به تابع هدف مورد نظر بزرگتر باشد، احتمال برخورد دارت با آن افزایش می‌یابد.

1- Mutation
2- Crossover
3- Selection
4- Roulette

پهنه‌بندی سیل

در پهنه‌بندی سیلاب محاسبه عمق آب بر اساس تعیین پروفیل سطح آب در مقاطع مختلف انجام می‌گیرد. شبیه‌سازی جریان و محاسبه پروفیل جریان متناسب با رژیم آن در بین مقاطع به کمک تلفیق مدل‌های ریاضی امکان‌پذیر است. اطلاعات مورد نیاز برای تهیه نقشه پهنه‌بندی سیلاب شامل اطلاعات توپوگرافی، مطالعات پایه (شامل: اطلاعات هواشناسی، فیزیوگرافی، هیدرولوژی و ژئومورفولوژی) و اطلاعات هیدرولیکی رودخانه می‌باشند. لذا پروفیل طولی و عرضی رودخانه و انشعابات اصلی آن، نقشه اراضی حاشیه رودخانه و کاربری آن‌ها، مسیر آبراهه اصلی، اطلاعات توپوگرافی با دقت حداقل ۱:۲٬۰۰۰، مسیر آبراهه اصلی و سواحل چپ و راست آن، برآورد ضریب زبری در بین مقاطع و واسنجی نمودن آن‌ها، وضعیت سازه‌ها و عوارض خاص نظیر پل‌ها از دیگر پارامترها و عوامل مورد نیاز برای ایجاد نقشه پهنه‌بندی سیلاب می‌باشند. سه مرحله برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل می‌توان در نظر گرفت:

۱- تخمین میزان سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف بر اساس آمار موجود

۲- محاسبه رقوم تراز سطح جریان و ترسیم پروفیل سطح آب سیلاب در دوره‌های بازگشت مختلف (مدل‌سازی رودخانه توسط Hec-Ras)

۳- محاسبه و ترسیم گستره پخش سیل در طول مسیر جریان با استفاده از تلفیق مدل‌های ریاضی (Arc GIS, Hec-Georas)

بطور معمول پهنه‌بندی سیلاب بر اساس مدلسازی در شرایط دائمی بدست می‌آید. مشخصاً در بازه‌هایی از رودخانه که از روستاها، شهرها، تأسیسات و ابنیه عبور می‌نماید تحلیل صحیحی از زمان عبور جریان بدست نمی‌آید. به همین دلیل در برخی بازه‌ها تحلیل غیر دائمی جریان ضروری به نظر می‌رسد. هرچند که درنظر گرفتن شرایط و عوارض طبیعی رودخانه پهنه‌بندی را از تحلیل غیردائمی جریان بی‌نیاز می‌کند.

در پهنه‌بندی سیل حاشیه‌ای از رودخانه که میان سیل با دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ سال قرار می‌گیرد به عنوان ناحیه با خطر بالا در رودخانه‌ها شناخته شده و برای اماکنی که دارای کاربری‌های اقتصادی و یا اجتماعی (نظیر روستاها، کارخانجات و از آن جمله) هستند، دوره بازگشت سیل ۵۰ ساله به منظور ساماندهی رودخانه توصیه می‌شود (۴). بنابراین در این تحقیق این دو دوره بازگشت مد نظر قرار گرفته شده است.

مدل شبیه‌سازی – بهینه‌سازی دایک‌های حفاظتی (دیوارهای حفاظتی)

در این تحقیق به منظور یافتن مکان مناسبی برای قرارگیری

Archive of SID

www.SID.ir

دایک‌ها از GA استفاده گردید. منافع حاصل شده از اجرای این طرح را برابر با میزان خسارتی که در صورت عدم وجود دایک‌های حفاظتی حادث می‌گردد، در نظر گرفت. در صورت کسر کردن هزینه ساخت دایک‌ها از این منافع، سود خالص طرح به دست می‌آید. تابع هدف در این مدل به صورت زیر تعریف شده است:

$$f = Maximize\ (f_1 - f_2) \quad (۱)$$

$$f_1 = \sum_{i=1}^{n} (A_{F0} - A_{FL})_i * CostLU_i \quad (۲)$$

$$f_2 = g(H_{L(j)}, H_{L(j+1)}, L_C, F.B., Di_{L(j,j+1)}, Cost) \quad (۳)$$

که در آن، f_1 مقدار خسارتی می‌باشد که در صورت نبودن دایک حفاظتی ایجاد می‌شود، f_2 هزینه ساخت دایک‌های حفاظتی و f تابع هدف می‌باشد. A_{F0} سطحی از کاربری i که در اثر سیل و بدون وجود دایک زیر آب می‌رود، A_{FL} سطحی از کاربری i که در اثر سیل و با وجود دایک زیر آب می‌رود، $CostLU_i$ ارزش زمین در هر قطعه با توجه به کاربری اراضی، n تعداد کاربری اراضی در منطقه، $H_{L(j)}$ ارتفاع دیواره دایک در مقطع j، L_C عرض تاج دایک، $F.B.$ ارتفاع آزاد، $Di_{L(j,j+1)}$ فاصله بین دو مقطع j و $j+1$ و $Cost$ هزینه هر متر مکعب احداث دایک می‌باشند. از این اطلاعات به عنوان داده‌های ورودی محیط شبیه‌سازی استفاده می‌شود. پس از شبیه‌سازی منطقه در مدل HEC-RAS و وارد نمودن ضرایب زبری آبراهه و کناره‌ها در بازه‌های مختلف و بررسی جریان در طول مسیر آبراهه اصلی (اصلاح و ساخت مقاطع جدید در صورت نیاز)، ارتباطی بین مدل HEC-RAS و GA برقرار می‌گردد. مدل بهینه‌سازی مورد بررسی توسط نرم افزار مطلب (Matlab) تهیه گردید (۱۶). پس از برقراری ارتباط بین محیط شبیه‌سازی و بهینه‌سازی، اعداد تصادفی ایجاد شده از GA جایگزین محل ایجاد دایک‌های حفاظتی در مدل HEC-RAS شده و این مدل اجرا می‌شود. با روندیابی جریان در طول رودخانه و بررسی ارتفاع آب در هر مقطع و نیز بررسی میزان پس‌زدگی آب در هر مقطع و در نظر گرفتن ارتفاع آزاد برای دایک‌ها، ارتفاع دیواره‌های دایک‌ها تعیین می‌شود. با محاسبه ارتفاع دایک‌ها، می‌توان هزینه ساخت دایک‌های حفاظتی را محاسبه نمود. برای این محاسبات هزینه‌ها مطابق فهرست بهای سال ۱۳۸۷ در نظر گرفته شده است. به منظور تعیین خسارت‌های وارد شده از سیل و نیز میزان عدم خسارت به دلیل احداث دایک در منطقه، از مقادیر ارزش زمین در هر مقطع با توجه به کاربری اراضی (جدول ۱) استفاده شده است. با استفاده از نتایج به دست آمده از اجرای مدل HEC-RAS و هزینه‌های تعیین شده برای ساخت هر واحد حجم دایک خاکی و نیز خسارت وارد شده به منطقه بر اساس کاربری‌های اراضی در هر مقطع، تابع هدف محاسبه می‌شود. به منظور شبیه‌سازی سیلاب منطقه در محیط نرم‌افزار HEC-RAS در طول رودخانه ۴۹ مقطع در نظر گرفته شده است که بر روی هر مقطع امکان قرارگیری دایک وجود دارد. متغیرهای تصمیم در این تحقیق، محل قرارگیری دایک‌های حفاظتی در سواحل چپ و راست در هر مقطع و در طول رودخانه انتخاب شده است. بنابراین تعداد متغیرهای تصمیم مسئله، با توجه به تعداد مقاطع و بررسی وجود یا عدم وجود دایک در هر یک از سواحل در طول رودخانه، ۹۸ متغیر می‌باشد. برای ایجاد این مقاطع در محیط شبیه‌سازی، تعداد ۱۰۰ نقطه در هر مقطع با استفاده از مدل HecGeoRas برداشت شده است. به طور کلی فلوچارت زیر مراحل انجام کار را نشان می‌دهد.

منطقه مطالعاتی

حوضه آبریز رودخانه صرم و خورآباد که حوضه‌ای با امتداد جنوب به شمال در استان قم می‌باشد، از دو شاخه اصلی تشکیل شده است. رودخانه دره‌باغ در سمت جنوب غربی حوضه آبریز و رودخانه فردو در سمت جنوب شرقی حوضه قرار دارند. آبراهه‌های رودخانه دره‌باغ از ارتفاعاتی در حدود ۳۲۰۰ متر از سطح دریا شکل گرفته و در بالادست روستای کرمجگان به شکل رودخانه فصلی نمایان می‌گردند. همچنین آبراهه‌های رودخانه فردو از ارتفاعات نزدیک به ۳۲۰۰ متر شکل گرفته و با گذر از روستای فردو به‌سمت شمال حرکت می‌کند. دو رودخانه دره‌باغ و فردو بالای روستای سیرو به هم پیوسته و رودخانه صرم و خورآباد را تشکیل می‌دهند. رودخانه صرم و خورآباد در ادامه به حوضه میانی قم‌رود می‌ریزد. این حوضه دارای مساحت تقریبی ۱۷۴ کیلومترمربع و ارتفاع متوسط ۱۲۳۵ متر از سطح دریا می‌باشد. طول رودخانه اصلی این حوضه برابر با ۲۲/۴۴ کیلومتر می‌باشد. شکل ۲ منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

دبی حداکثر سیلاب در این رودخانه برای دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله به ترتیب برابر با ۲۷۹ و ۳۳۲ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد (۳). کاربری اراضی اطراف رودخانه در شکل ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱ نیز ارزش زمین را با توجه به کاربری اراضی در منطقه نشان می‌دهد (۲).

نتایج و بحث

با استفاده از روش سازه‌ای ایجاد دایک‌های حفاظتی، خسارات وارد شده به منطقه و نیز سطحی از منطقه که تحت تاثیر سیل قرار می‌گیرد، کاهش خواهد یافت. اما به دلیل بالا بودن هزینه ساخت دایک‌های حفاظتی، در این تحقیق محل قرارگیری دایک‌های حفاظتی با استفاده از GA به نحوی تعیین می‌گردد که سود خالص

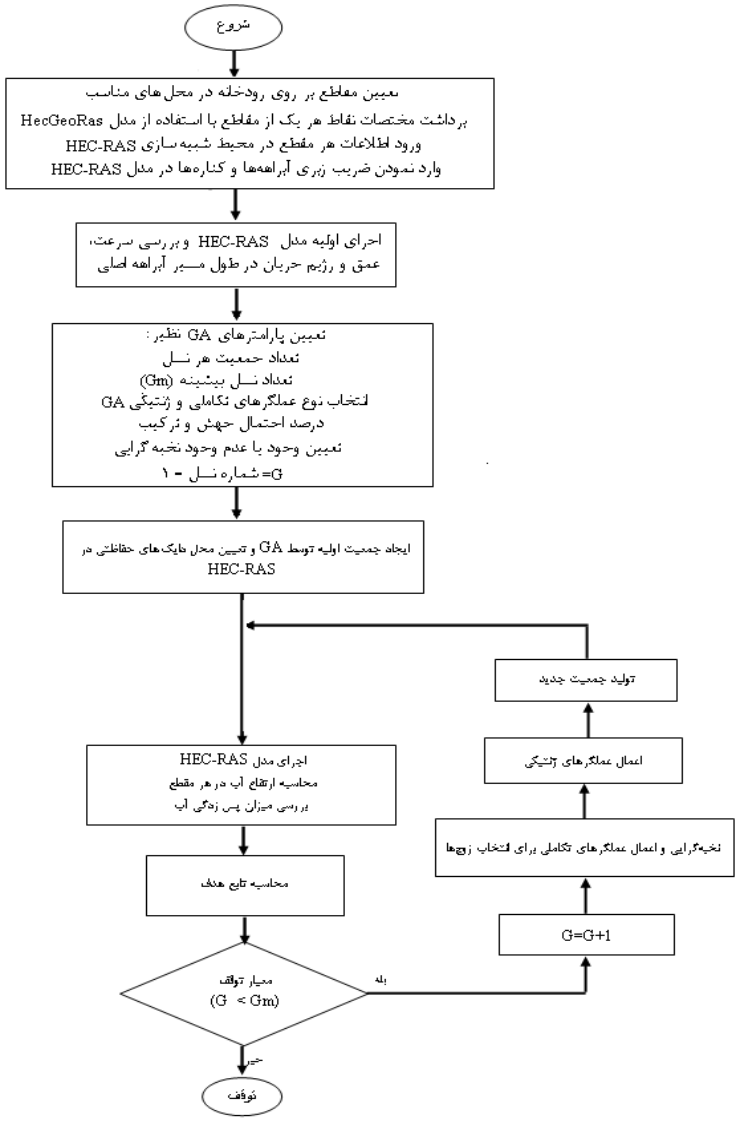
Archive of SID

www.SID.ir

ناشی از کنترل سیلاب با دوره بازگشت مشخص، حداکثر شود. لازم به ذکر است که محل قرارگیری دایک‌های حفاظتی توسط GA به صورت پیوسته انجام می‌گیرد یا به عبارت دیگر امکان احداث دایک‌ها در هر نقطه از مقطع وجود دارد. عملکرد مدل GA به انتخاب مقادیر پارامترهای آن وابسته می‌باشد. بنابراین لازم است تا پارامترهای آن جهت اجرای بهتر مدل، واسنجی گردند. در این تحقیق پس از انجام تحلیل حساسیت احتمال جهش برابر با ۰/۰۳و احتمال ترکیب برابر با ۰/۷ منظور گردیده است. همچنین انتخاب کروموزوم‌های برتر به منظور تولید نسل جدید بر اساس روش چرخ رولت انجام گرفت.

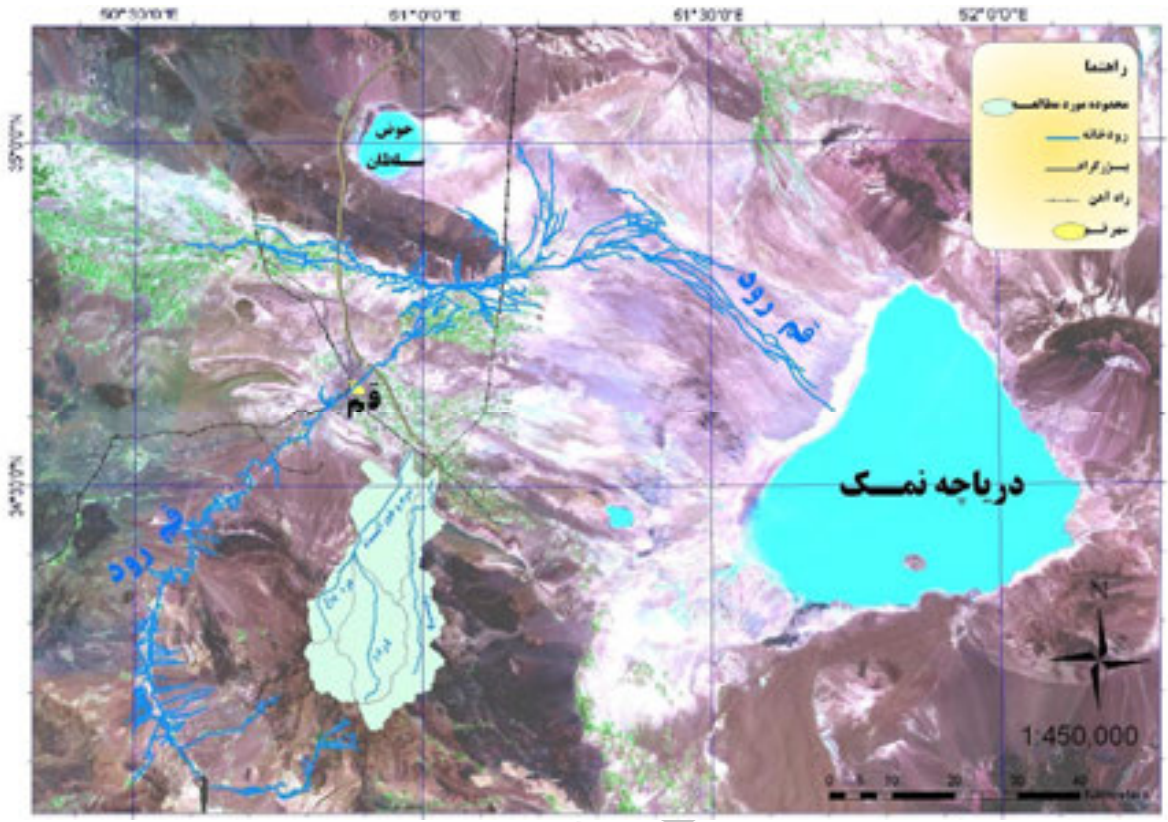
جدول ۱- ارزش هر مترمربع زمین با توجه به کاربری اراضی

کاربری اراضی	ارزش (هزار ریال)
مسکونی و امکانات شهری	۱٬۰۰۰
تاسیسات و راه دسترسی	۵۰۰
پلیس و زندان	۳٬۰۰۰
باغ	۸۰۰
معدن شن و ماسه	۱۰۰
زمین بایر	۳۰



شکل ۱- مراحل ترکیب و توسعه مدل شبیه‌سازی – بهینه‌سازی حفاظت مناطق سیل‌گیر

www.SID.ir



شکل ۲- شماتیک منطقه مطالعاتی

به منظور توقف الگوریتم از معیار توقف طی تعداد نسل‌های معین بدون توجه به اینکه تغییری در جواب نهایی نسل‌های آخر ایجاد گردد، استفاده شده است. لذا تعداد ۱٬۰۰۰ نسل و ۹۸ کروموزوم برای هر اجرا در نظر گرفته شده است. مدل برای سیل‌های با دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله، ۵ مرتبه اجرا شده است. نتایج اجرای مدل در جدول ۲ نشان داده شده است. پهنه سیلاب ۵۰ ساله (در اجرای دو) و ۱۰۰ ساله (در اجرای سه) برای رودخانه صرم و خورآباد در شرایط وجود و عدم وجود دایک‌های حفاظتی رسم گردید.

با توجه به جدول فوق مشاهده می‌شود که متوسط مقادیر تابع هدف به دست آمده از اجرای مدل برای دوره بازگشت ۱۰۰ ساله بیشتر از دوره بازگشت ۵۰ ساله می‌باشد. با توجه به ۵ اجرای انجام شده برای هر دوره بازگشت، لازم است تا نتایج به دست آمده از اجراهای مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. یکی از معیارهای مناسب در این راستا ضریب تغییرات می‌باشد که مقادیر کم این ضریب نشان می‌دهد که در اجراهای مختلف جواب‌های حاصل شده به یکدیگر نزدیک می‌باشند. از آنجا که هدف در این تحقیق یافتن حداکثر سود خالص طرح (نقطه بهینه در اجرای الگوریتم ژنتیک) بر اساس تعیین محل قرار گیری دیواره‌های حفاظتی انتخاب شده است، مقادیر کم ضریب تغییرات در این مسئله، نشان دهنده همگرایی مناسب جواب‌ها به جوابی نزدیک به جواب بهینه سراسری می‌باشد.

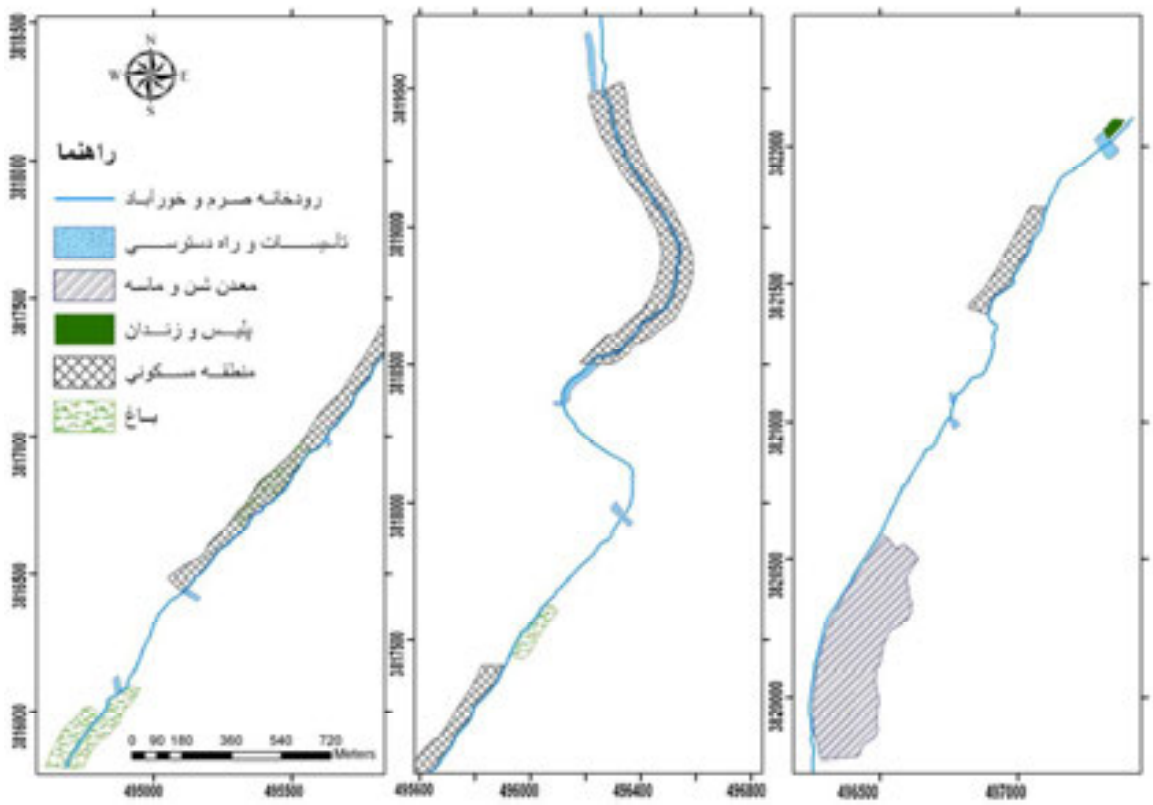
جدول۲- مقادیر تابع هدف در اجراهای مختلف

اجرا	دوره بازگشت (سال) ۵۰ — تابع هدف	دوره بازگشت (سال) ۱۰۰ — 10^{10} × تابع هدف (ریال)
۱	۱۰/۱۰۲۲	۱۰/۷۵۳۴
۲	۱۰/۱۲۴۸	۱۰/۷۲۶۳
۳	۱۰/۱۱۲۷	۱۰/۷۸۸۲
۴	۱۰/۱۱۶۵	۱۰/۷۷۷۶
۵	۱۰/۱۱۱۰	۱۰/۷۷۸۲
بیشینه	۱۰/۱۲۴۸	۱۰/۷۸۸۲
متوسط	۱۰/۱۱۳۴	۱۰/۷۶۴۷
کمینه	۱۰/۱۰۲۲	۱۰/۷۲۶۳
ضریب تغییرات	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۲۳

خسارات به دست آمده در صورت استفاده و عدم استفاده از دایک‌های حفاظتی برای سیل با دوره بازگشت‌های ۵۰ و ۱۰۰ ساله در جدول زیر نشان داده شده است.

Archive

www.SID.ir



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی

جدول۳- مقادیر سود خالص ناشی از سیل

دوره بازگشت (سال)	خسارت × 10^{10} (ریال)		سود خالص × 10^{10} (ریال)
	بدون احداث دایک	با احداث دایک	با احداث دایک
۵۰	۱۰/۲۲۴۰	۰/۰۹۰۷	۱۰/۱۲۴۸
۱۰۰	۱۰/۹۰۳۱	۰/۱۰۶۷	۱۰/۷۸۷۲

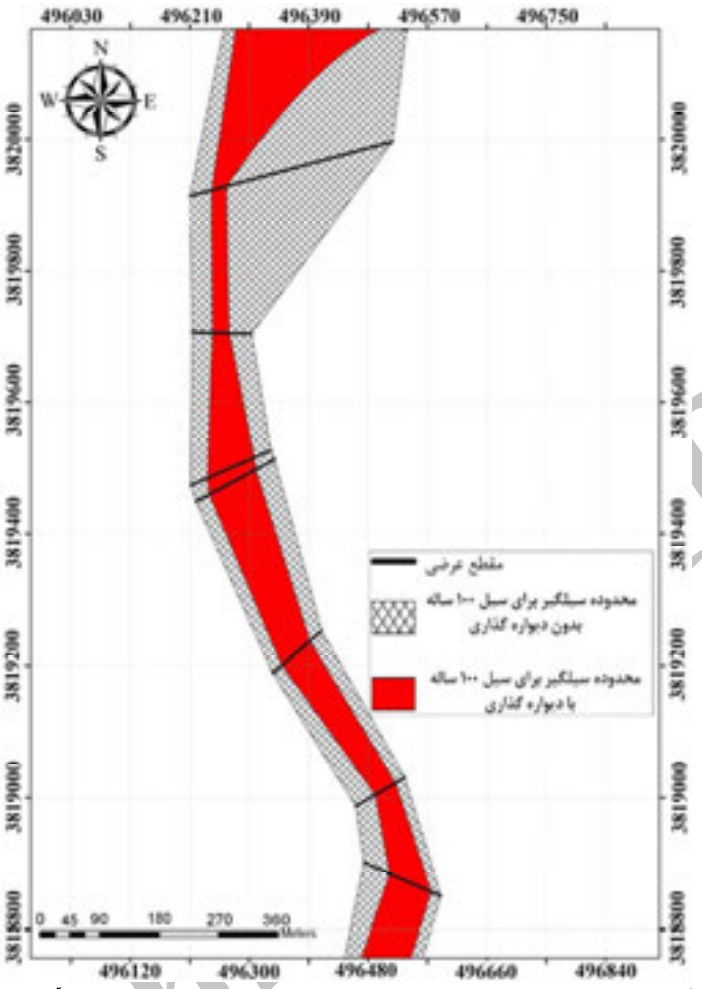
همچنین سود خالص سیل بعد از احداث دایک‌های حفاظتی در بهترین اجرا برای دوره بازگشت‌های ۵۰ و ۱۰۰ ساله نیز در این جدول نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در صورت استفاده از دایک‌های حفاظتی خسارات وارده از سیل با دوره بازگشت ۵۰ ساله و سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله ۹۹ درصد کاهش خواهد یافت. در صورت محاسبه هزینه احداث دایک‌ها نیز سود خالص به ترتیب ۰/۹۷ و ۱/۱ درصد برای سیل با دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله کاهش یافته است. شکل ۴ پهنه سیل و نیز محل احداث دایک‌های حفاظتی را برای سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله در برخی از مقاطع به عنوان نمونه نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

هدف از این تحقیق یافتن محل دایک‌های حفاظتی اطراف رودخانه و به تبع آن ارتفاع مناسب این دایک‌ها به منظور کاهش خسارت‌های ناشی از وقوع سیل با دوره بازگشت‌های مختلف می‌باشد. بهترین محل قرار گیری دایک‌ها با استفاده از GA و با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی طرح به گونه‌ای تعیین شده‌اند که سود خالص طرح حداکثر گردد. با توجه به نتایج حاصل، سود خالص طرح حاصل از اجرای مدل برای رودخانه صرم و خورآباد با استفاده از دبی سیل ۱۰۰ ساله بیشتر از دبی سیل ۵۰ ساله می‌باشد. در صورت احداث دایک‌های حفاظتی میزان خسارت وارد شده به منطقه حدود ۹۹ درصد کاهش یافته است.

Archive

www.SID.ir



شکل ٤- پهنه سیل و محل احداث دایک‌های حفاظتی در رودخانه صرم و خورآباد

در صورتی که هزینه احداث دایک‌ها نیز در نظر گرفته شود، سود خالص طرح نیز از خسارت اولیه کمتر بوده و این نشان می‌دهد که احداث دایک‌های حفاظتی در منطقه سودآور می‌باشد. همچنین در این تحقیق برای تعیین ارتفاع دایک‌ها، مسئله پس زدگی آب نیز در نظر گرفته شد. پس زدگی آب از جمله عواملی است که در صورت وقوع سیل ممکن است سبب خرابی دایک‌ها گردد. بنابراین در نظر گرفتن میزان پس‌زدگی آب در هر مقطع و سپس تعیین ارتفاع دایک‌ها سبب می‌شود تا بتوان اطمینان بیشتری از عدم سرریز آب از دایک‌ها داشت. همچنین نتایج حاصل بیانگر دستیابی آسان‌تر به محل و ارتفاع مناسب دایک‌ها به منظور کاهش خسارت ناشی از سیل می‌باشد. با استفاده از مدل حاضر می‌توان با توجه به کاربری اراضی و ارزش زمین در منطقه مورد نظر، بهترین محل‌ها را برای احداث دایک‌های حفاظتی تعیین نمود. همچنین در این مدل به صورت همزمان مسائل اقتصادی طرح نیز مورد بررسی قرار گرفته و محل‌های اعلام شده و به تبع آن ارتفاع دایک‌ها به نحوی تعیین می‌شوند که سود خالص طرح بیشینه گردد.

سپاسگزاری

مولفان این مقاله از همکاری جناب آقای دکتر رستم آبادی که در تمامی مراحل این مطالعه ما را یاری نمودند، صمیمانه قدردانی می‌کنند.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱- سالمیان ا. ۱۳۸۵. "پهنه‌بندی سیلاب رودخانه بشار با نرم افزار HEC-RAS ". پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد، واحد علوم تحقیقات، (ایران).

۲- مهندسین مشاور ری آب. ۱۳۸۸a. "مطالعات اجتماعی و اقتصادی، مطالعات ساماندهی رودخانه‌های دره‌باغ، فردو و صرم و خورآباد". گزارش شماره هشت.

۳- مهندسین مشاور ری آب. ۱۳۸۸b. "مطالعات هیدرولوژی، مطالعات ساماندهی رودخانه‌های دره‌باغ، فردو و صرم و خورآباد". گزارش شماره پنج.

۴- راهنمای تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی. ۱۳۸۶. تهران، انتشارات سازمان‌مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. ایران. نشریه شماره۳۱۶.

5- Chen Y.M. 1997. "Management of Water Resources Using Improved Genetic Algorithms". Computers and Electronics in Agriculture, 18 (2-3), 117-127.

6- Goldberg D., Korb B. and Deb K. 1989. "Messy Genetic Algorithms: Motivation, Analysis, and First Resulat". Complex Systems, 3, 493-530.

7- HEC-RAS 3.1.2, 2004. user's manual.

8- Holland J.H. 1975. "Adaption in Natural and Artificial Systems". The University of Michigan Press, Ann Harbor, MI.

9- Karamouz M., Abesi O., Moridi A. and Ahmadi A. 2009. "Development of Optimization Schemes for Floodplain Management; A Case Study". Journal of Water Resources Management, 23 (9), 1743–1761

10- Mansor S.H. 2002. "Integration of RS, GIS and MIKE 11 Hydrodynamic Modeling for Flood Early Warning: A case study of the Langat river basin Malaysia." Spatial & Numerical Modeling Laboratory, Institute of Advanced Technology University Putra Malaysia 43400 Serdang, Selangor, Malaysia.

11- Olsen J.R., Beling P.A. and Lambert J.H. 2000. "Dynamic models for floodplain management". Journal of Water Resources Plan Management, 126 (3), 167–175.

12- Plate E.J. 2002. "Flood Risk and Flood Management". Journal of Hydrology, 267, 2–11.

13- Pramojanee P. and Tanavud C. 2000. "An Application of GIS for Mapping of Flood Hazard and Risk Area in Nakorn Sri Thammarat Province, South of Thailand". Asian disaster preparedness center.

14- Shafiei M., Bozorg Haddad O. and Afshar A. 2005. "GA in Optimizing Ajichai Flood Levee's Encroachment". Proceedings of the 6th WSEAS International. Conference. on Evolutionary Computing, Lisbon, Portugal, June 16-18, 392-399.

15- Tanavud C., Yongchalermchai C., Bennui A. and Densreeserekul O. 2004. "Assessment of Flood Risk in Hat Yai Municipality, Southern Thailand, using GIS". Journal of Natural Disaster Science, 26 (1), 1-14.

16- U.S. Patent. 2007. "Matlab Tutorial". The MathWorks, www.mathworks.com.

17- Wheatera H. and Evans E. 2009. "Land Use, Water Management and Future Flood Risk". Land Use Policy, 26S (1), S251–S264.

18- Yalcin G. and Akurek Z. 2005. "Multiple Criteria Analysis for Flood Vulnerable Areas". Middle East Technical University, Ankara, Turkey.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.3, Jul.-Agu. 2013, p. 462-471

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۲، ص. ۴۷۱-۴۶۲

Development of Simulation-Optimization Model for Protection of Flood Areas

O. Bozorg Haddad[1]*- S. Khosrowshahi[2]- M. Zarezadeh[3]- P. Javan[4]

Received:10-10-2011
Accepted:21-10-2012

Abstract

The man's craving for water has inspired many civilizations to be formed near rivers. The social and economic destructive consequences of flood in human societies are considered undeniable facts. Today human trespasses on riversides and also vegetation destruction have caused increase in flood damages. These factors lead to be not only vital and financial damages, but also damages such as soil erosion in upstream and soil deposition in downstream. This research aims to decrease flood damages using structural methods as well as investigating and finding proper locations to construct protective levees in high risk areas via studying torrent area of riversides. In this research, the Genetic Algorithm (GA) are applied to maximize the benefit of flood control and also to minimize the cost of protective levees construction. Therefore, the fitness function of the research is defined to maximize net benefit of the project. The objective of the present paper is to evaluate this method for decreasing flood damages in the "Sarm" and "Khoor Abad" rivers, located in Qom province in Iran. The proper location and height of levees are defined whether the factor of "the level of saved losses to the region by constructing protective levees minus the cost of constructing protective levees" is maximized. The results indicate that by constructing protective levees the rate of damages reduces up to 99% in comparison with a non-constructed protective levees scenario.

Keywords: Flood Optimization, Protective Levee, Optimization, Genetic Algorithm (GA)

Archive of SID

1- Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage Engineering, University of Tehran, Karaj, Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: OBHaddad@ut.ac.ir)
2- Former MSc Student, Department of Water Resources, Faculty of Agriculture, Urmia University
3- Former MSc Student, Department of Water Resources,Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
4- Former MSc Student, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Tehran, Iran

www.SID.ir