مدیریت غیر سازه‌ای سیلاب‌دشت‌ها با استفاده از پیش بینی خسارت کشاورزی

علیرضا شکوهی[۱] و زهرا گنجی نوروزی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۹/۰۸
تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۲/۱۵

چکیده:
تعیین خسارت کشاورزی گام اول برای مدیریت غیرسازه‌ای سیلاب‌دشت‌ها با زون‌بندی مناطق از نظر ریسک سرمایه‌گذاری است. پیش‌بینی خسارت کشاورزی نیازمند تحلیل ریسک زمانی و مکانی بوده و با ترکیبی از تحلیل فراوانی، شبیه‌سازی هیدرولیکی سیل و توابع خسارت در مراحل مختلف رشد گیاهان محاسبه می‌شود. در روش ارائه شده که بر مبنای تکنیک مونت‌کارلو شکل گرفته است شانس رخداد سیل در هر یک از مراحل رشد گیاه از طریق ضرایب وزنی که با نمونه‌گیری تصادفی از توزیع یکنواخت تولید می‌شوند، محاسبه شده و خسارت نهایی از مجموع خسارت‌های حاصل در هر یک از مراحل رشد و ثابت شدن آن به ازای تکرارهای متوالی به دست می‌آید. در این تحقیق جهت شبیه‌سازی هیدرولیکی سیل از HECRAS و برای ترکیب نتایج حاصله با توابع خسارت زمانی و فیزیکی گیاه از محیط GIS استفاده شده است. در این مطالعه برای توسعه روش پیش‌بینی خسارت، گیاه برنج که کشت غالب مناطق شمالی ایران می‌باشد مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهند که میزان خسارت متوسط به ازای رخداد یک سیل معین در مراحل مختلف رشد به ترتیب در مراحل نشا، خوشه‌دهی، ساقه‌زنی و درو افزایش می‌یابد. براین اساس زمان رخداد سیل تأثیر بسزایی در میزان خسارت دارد ولی رابطه خسارت با افزایش رشد گیاه مستقیم و خطی نیست. در روش‌های موجود خسارت سطح سیل‌گیر ۱۰۰ درصد محسوب می‌گردد ولی در این مطالعه متوسط خسارت ناشی از رخداد سیل‌های ۱۰۰ ساله، ۲۰۰ ساله و ۵۰۰ ساله در سطح سیل‌گیر ۵۰۰ ساله به ترتیب برابر با ۲۱، ۲۷ و ۴۷ درصد بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: برنج، توابع خسارت، ریسک مکانی و زمانی، پیش‌بینی خسارت کشاورزی، مدیریت غیرسازه‌ای.

[۱] دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران. تلفن تماس: ۸۳۷۱۱۴۸- ۰۲۸۱
پست الکترونیکی : shokoohi@ikiu.ac.ir
[۲] استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.
پست الکترونیکی : z_ganji59@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه:

در دهه دوم قرن بیست و یکم که به نظر می‌رسد دوره تشدید و قابع حدی سوانح طبیعی نظیر سیلاب باشد، به بشر ثابت شده است که بجای ادعای مبارزه با سیلاب و به عبارتی دیگر ادعای کنترل سیلاب بهتر است به همزیستی با سیلاب پرداخته و بجای کنترل، آن را مدیریت نماید. بهترین گواه این مدعا سخنرانی کوفی عنان دبیر کل سازمان ملل متحد در سال ۲۰۰۳ می باشد: "وظیفه ما تنها محدود به حفظ منابع آب برای توسعه پایدار نیست بلکه شامل کاهش توان آن برای گرفتن زندگی ابناء بشر نیز می‌شود. ما می‌توانیم و باید تعداد و اثرات حوادث ناگوار را، با ایجاد جوامعی پایدار که بتوانند در بلند مدت به زندگی توأم با ریسک ادامه دهند، کاهش دهیم" (WMO, 2006). راههای کنترل و مدیریت سیلاب را عموماً به دو دسته روشهای سازه‌ای و غیرسازه‌ای تقسیم می‌کنند (کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۱۳۷۹). در ارتباط با مقدمه فوق‌الذکر می‌توان کنترل سیلاب را یک روش سازه‌ای و روشهای مدیریت سیلاب را در دسته روشهای غیرسازه‌ای جای داد. روش‌های سازه‌ای سعی در کاهش میزان سیلاب دارند حال آنکه روش‌های غیرسازه‌ای سعی در کاهش اثرات و عواقب سیلاب دارند (امامی، ۱۳۸۵). اکنون دیگر این اعتقاد که روش‌های غیرسازه‌ای مخصوص کشورهای فقیر است وجود نداشته و بسیاری از کارشناسان کشورهای غربی و ژاپن بر این باورند که تلفیق روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای می‌تواند با هزینه کمتر به کاهش خسارت ناشی از سیلاب منجر شود (کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۱۳۷۹ ؛ امامی ، ۱۳۸۵، نوری و شریفی، ۱۳۹۰). در یک جمع بندی کلی از تمامی تجربیات موجود در سطح دنیا و همچنین ایران برای روشهای سازه‌ای می‌توان آن را شامل روشهایی نظیر ساخت سد بر رودخانه، سیل‌بند حول مناطق در خطر سیلاب، گوره یا خاکریز و یا دیواره‌های اطراف رودخانه، تثبیت بستر و لایروبی کردن رودخانه دانست. برای روشهای غیرسازه‌ای نیز می‌توان از روشهایی نظیر پیش‌بینی سیلاب، پیش‌بینی مناطق سیل‌زده با استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای، کنترل گسترش سیلاب‌دشت، بیمه سیلاب، مدیریت حوضه، هشدار سیل، تخلیه مناطق سیل‌زده، مدیریت بهنگام سیلاب در مخازن و کمک‌های اضطراری نام برد (Patel and Dholakia, 2010). تجربیات دنیا در مورد روش‌های غیرسازه‌ای به دهه ۱۹۸۰ میلادی برمی‌گردد و تقریبا همه روش‌های فوق‌الذکر بسته به موقعیت کشور و منطقه مورد نظر، آزمون شده‌اند ولی عملاً چهار مورد کنترل گسترش سیلاب‌دشت، بیمه سیلاب، هشدار سیل و تخلیه بیش از بقیه موارد در کشورهای اروپایی، امریکا و ژاپن با اقبال مواجه شده‌اند (امامی، ۱۳۸۵). در ایران عملاً کاری جدی در این مورد صورت نگرفته و مدیریت غیرسازه‌ای بیشتر به کمک‌رسانی بعد از سیلاب و احیاناً تخلیه مردم از مناطق تحت خطر محدود بوده است. تجربیاتی نیز در مورد نصب سیستم‌های هشدار سیل در حوضه گرگان‌رود، شاندیز و ماسوله دیده شده است (روابط عمومی شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی، گیلان و گرگان، ۱۳۹۱). نکته قابل توجه در مورد این تجربیات داخلی و خارجی آن است که تقریباً همگی آن‌ها جوامع انسانی را هدف گرفته‌اند و در باب آنچه که مورد بحث این تحقیق است سابقه‌ای گزارش نشده است. شاید مسئله هشدار سیل برای محققین ایرانی بیشتر از بقیه موارد مدیریت غیرسازه‌ای جذاب بوده است (امیدوار و همکاران، ۱۳۸۴، خدایی و همکاران، ۱۳۸۵). در این میان مطالعات محدودی نظیر تنظیم منحنی فرمان سد با توجه به میزان خسارت کلی در پایین‌دست (ملک محمدی و همکاران، ۱۳۸۶)، بهره‌گیری از مدل‌های رقومی ارتفاعی با فرض خسارت صد در صد در هر سلول آب گرفته (مصباحی و همکاران، ۱۳۸۶) و همچنین موردی دیگر در خصوص استفاده از بیمه سیلاب در مناطق شهری (ملک محمدی و تجریشی، ۱۳۸۴) نیز گزارش شده است. یکی از موفق‌ترین روش‌هایی که در سطح دنیا برای کاهش خسارت سیلاب (البته با تمرکز روی خسارت مناطق مسکونی) بدان توجه شده است پهنه‌بندی خطر سیلاب‌دشت‌ها و استفاده از قوانین بازدارنده و تعیین حق بیمه بر اساس منطقه خطر و

Archive of SID

www.SID.ir

اعطای یارانه به مردم برای دوری جستن از مناطق با ریسک بالا می‌باشد (امامی، ۱۳۸۵). آنچه که تحقیق حاضر بدان اختصاص دارد توسعه مدل و یا به عبارت بهتر توسعه الگوریتمی است که بتواند ریسک خسارت کشاورزی را برآورد نماید و با پهنه‌بندی ریسک در سیلاب‌دشت، مبانی لازم برای مدیریت سیلابدشت در مناطق روستایی را فراهم آورد. یکی از خروجی های مدل توسعه یافته تعیین میزان ریسک برای محصولات کشاورزی در هر سلول از نقشه‌هایی است که علی‌الاصول رستری بوده و براین اساس، شرایط اولیه لازم برای تعیین حق بیمه محصولات کشاورزی در مقابل سیلاب و همچنین محاسبه میزان خسارت قابل پرداخت را بدست می‌دهد.

غالبا معیار و روش مشخصی برای برآورد خسارت کشاورزی ناشی از سیل وجود ندارد و تقریبا دراکثر موارد سیل‌گرفتگی برابر با خسارت صددرصد فرض می‌شود که با واقعیت‌های موجود تطابق ندارد. یقیناً یکی از مهمترین علل این امر عدم وجود تابعی بوده است که بتواند ارتباط بین پارامترهای فیزیکی سیل و میزان خسارت را برقرار نماید. از طرف دیگر ترکیب هیدرولیک سیل و توابع خسارت و نهایتاً پیش‌بینی خسارت کشاورزی به علت وابستگی این نوع از خسارت به زمان رخداد سیل معمولا پیچیده‌تر و مشکل‌تر از بررسی دیگر انواع خسارتها می‌باشد و تاکنون روشی که بتواند عملاً ریسک زمانی و مکانی، هیدرولیک سیل و توابع خسارت کشاورزی را با یکدیگر ترکیب کرده و احتمالات مختلف متناظر با رخداد یک سیل با بزرگی معین را در هر یک از مراحل رشد مدنظر قرار دهد وجود نداشته است.

واقعیت آن است که در سطح دنیا تحقیقات بسیار اندکی در مورد پیش‌بینی یا برآورد خسارت کشاورزی صورت گرفته و توابع خسارت کشاورزی جز برای چند گیاه محدود مورد بررسی قرار نگرفته است. با توجه به این امر لازم است که از مجموعه دانش موجود در برآورد دیگر انواع خسارتها نظیر خسارتهای ساختمانی، که بیشتر به مناطق شهری هم اختصاص دارد، نیز استفاده به عمل آید که در این بخش به مهمترین آنها اشاره خواهد شد.

Kalyanapu و همکاران با استفاده از یک مدل هیدرولیکی دو بعدی تلاش نمودند تا با استفاده از روش مونت کارلو نقشه بهتر و با عدم قطعیت کمتری را برای مناطق سیلگیر بدست دهند. در مقایسه با روشهای قطعی و به ازای یکبار اجرای مدل، مساحت مناطق پرخطر ۹/۳ درصد افزایش یافت (Kalyanapu et al., 2012). در یکی از آخرین کارهایی که توسط Solin برای تعیین میزان آسیب‌پذیری مناطق شهری انجام شده است وی توانست با توسعه اندکس‌های ترکیبی بطور تقریبی میزان حساسیت به وقوع سیل، مقاومت در مقابل آن و توانایی مقابله با مسائل بعد از سیلاب را کمی نماید (Solin, 2012). در کوششی ارزشمند Ahmad and Simonovic به اهمیت ریسک زمانی و مکانی و ترکیب این دو ریسک برای رسیدن به برآوردی مناسب از خسارت سیلاب پرداخته و سعی نمودند به کمک روش فازی عدم‌قطعیت‌های زمانی و مکانی ناشی از بکارگیری مدل Mike21 را مدل نمایند (Ahmad and Simonovic, 2011). Middelmann-Fernandes نشان داد که استفاده از منحنی‌های خسارت - عمق و یا خسارت - سرعت که بطور مجزا برای خسارت ساختمانی تهیه می‌شوند میزان خسارت را کم برآورد نموده و بر استفاده ترکیبی از این منحنی‌ها برای برآورد واقعی تر میزان خسارت تاکید نمود (Middelmann-Fernandes, 2010). Huang و همکاران در مطالعه‌ای که در چین انجام دادند میزان خسارت اقتصادی ناشی از سیل را با استفاده از داده‌های سیل‌های سال ۱۹۹۸ مورد بررسی قرار دادند و در نهایت میزان خسارت را با نوع سیل، مدت زمان سیل و تعداد سیل مرتبط کردند (Huang et al, 2008). Kang و همکاران مطالعه‌ای جهت تخمین خسارت سیل در مناطق مسکونی انجام دادند و تابع عمق-خسارت را برای مناطق مسکونی با توجه به داده‌های سیل سال ۱۹۹۵ در جنوب تایوان استخراج کردند (Kang et al, 2005). Dutta و همکاران در مطالعه‌ای که بر روی خسارات ساختمانی و برخی محصولات کشاورزی انجام دادند، ابتدا توسط یک مدل هیدرولوژیکی عمق آب را در نقاط مختلف حوضه برآورد کردند و سپس با ترکیب توابع عمق- خسارت و نقشه عمق سیل، خسارت را محاسبه نمودند (Dutta et al, 2003). تحقیق Dutta از ارزشمندترین کارهای انجام شده در زمینه برآورد خسارت کشاورزی است ولی اولا در این مطالعه توابع خسارت-عمق

Archive of SID

www.SID.ir

برای محصولات کشاورزی در مراحل مختلف رشد توسعه داده نشده و ثانیا اشاره‌ای به زمان رخداد سیل نشده است. Berning و همکاران در مطالعه‌ای که انجام دادند با توجه به داده‌های تاریخی میزان خسارات ساختمانی را به پیک سیلاب مرتبط کردند (Berning et al, 2001). همانطوری که مشخص است در این تحقیق نیز نه تنها زمان رخداد سیل مورد توجه قرار نگرفته است بلکه توجهی به توزیع مکانی سیل در حوضه نیز نشده است و بنابراین ترکیب هیدرولیک سیل و توابع خسارت نیز صورت نگرفته است. Bernning و همکاران در تحقیق دیگری که بر روی محصول نیشکر انجام دادند تابع عمق-خسارت را برای ماه‌های مختلف سال گسترش دادند(Bernning et al, 2000). آنها به نوعی با این تحقیق اهمیت زمان رخداد سیل و بزرگی سیل را در میزان خسارت خاطرنشان کردند اما علاوه بر اینکه این توابع را با هیچ مدل هیدرولیکی ترکیب نکردند (عدم توجه به توزیع مکانی سیل) پیش‌بینی خسارت و نیز احتمال رخداد سیل در ماه‌های مختلف سال نیز مورد توجه قرار نگرفته است.

نرم افزار های موجود برای برآورد خسارت مثل FDA ، HAZUS، ANUFLOOD و ESTDAM نیز اغلب برای خسارت‌های ساختمانی و صنعتی طراحی شده‌اند. (HEC_FDA, 2008; FEMA, 2008; Smith and Greenaway, 1988).

همانگونه که مشاهده می‌شود در بیشتر تحقیقاتی که تا کنون صورت گرفته نحوه توزیع زمانی سیل مورد توجه محققین نبوده است و این در حالی است که زمان رخداد سیل می‌تواند از صفر تا صد در صد در میزان خسارت مؤثر باشد. با توجه به مباحث ذکر شده و نیازی که به پیش‌بینی خسارت کشاورزی در مناطق روستایی جهت تعیین درجه محافظت از این مناطق و تعیین درجه ریسک مطلوب بخش کشاورزی جهت مدیریت صحیح سیلاب احساس می‌گردد این تحقیق بر تلفیق ریسک زمانی و مکانی برای محصولات کشاورزی متمرکز شده است. در این راستا از توابع خسارت زمانی و فیزیکی گیاه برنج که کشت غالب مناطق شمالی ایران و محصولی استراتژیک است به عنوان نمونه استفاده گردید. در نهایت ترکیب توابع خسارت و هیدرولیک سیل صورت پذیرفت که نتایج آن در بخش‌های بعدی خواهد آمد.

مواد و روش‌ها

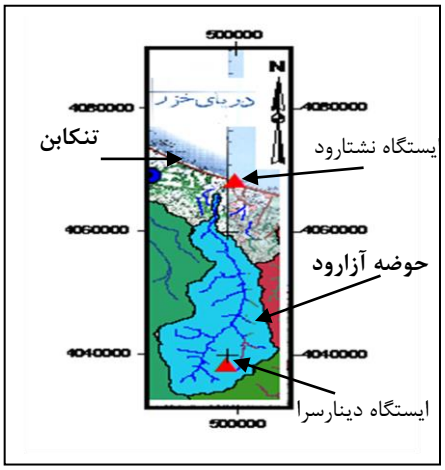
پیش‌بینی خسارت کشاورزی، نیازمند تحلیل فراوانی سیل در منطقه، شبیه‌سازی هیدرولیکی سیل با توجه به توپوگرافی، تعیین توابع خسارت فیزیکی گیاهان و میزان سرمایه‌گذاری کشاورز در هر یک از مراحل رشد گیاه می‌باشد. براین اساس در این بخش ابتدا به نحوه تحصیل هر یک از عوامل بالا پرداخته و در نهایت جهت پیش‌بینی خسارت کشاورزی با در نظر گرفتن احتمال رخداد سیل در هر یک از مراحل رشد گیاه، روشی برای ترکیب عوامل فوق با یکدیگر ارائه می‌گردد.

۱- منطقه مطالعاتی

یکی از کاربری‌های مهم سیلاب‌دشت‌های اطراف رودخانه‌های شمال ایران، کشاورزی می‌باشد و برنج نیز از محصولات استراتژیک این منطقه بوده و بیشترین مساحت زیر کشت را به خود اختصاص می‌دهد. بدین‌جهت گیاه برنج به عنوان گیاه مورد مطالعه جهت استخراج تابع خسارت کشاورزی و حوضه آزارود جهت پیش‌بینی خسارت کشاورزی ناشی از سیل، انتخاب گردید. آزارود از رودخانه‌های مستقل زیرحوضه چالوس است که از کوههای واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر تنکابن سرچشمه می‌گیرد و در نهایت به دریای مازندران می‌ریزد. دو ایستگاه هیدرومتری دینارسرا و نشتارود به ترتیب در بالادست و پایین دست این رودخانه قرار دارند. شکل(۱) نمایی از این حوضه و محل ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های موجود، دو ایستگاه دینارسرا و نشتارود به ترتیب دارای ۲۷ سال و ۱۰ سال داده‌برداری می‌باشند. ایستگاه دینارسرا دارای طول دوره آماری مناسب جهت بررسی‌های هیدرولوژیکی و تحلیل فراوانی سیلاب بوده و با توجه به بستر تثبیت شده رودخانه در محل این ایستگاه، داده‌های آن از اطمینان خوبی برخوردار می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل (۱): موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری و حوضه آزارود در غرب مازندران

۲-هیدرولیک سیل

جهت محاسبه خسارت، تعیین پارامترهای فیزیکی سیل از جمله عمق و سرعت سیل در هر نقطه از حوضه اجتناب‌ناپذیر است. در مطالعه حاضر برای این منظور از HEC-RAS استفاده شد. یکی از مزایای استفاده از این مدل قابلیت دریافت داده‌های توپوگرافی با فرمت GIS و تبدیل آسان خروجی‌ها به فرمت GIS می‌باشد که برای تحقیق حاضر بسیار حائز اهمیت است. جهت کالیبره کردن ضریب مانینگ در رودخانه از داده‌های دبی- اشل در دو ایستگاه دینارسرا در بالادست و نشتارود در پایین دست رودخانه آزارود استفاده شده است. برای واسنجی ضریب مانینگ در سیلابدشت، از آنجا که هیچ نوع داده‌ای اعم از عمق، مساحت سیل‌گیر یا حتی عکس هوایی از منطقه وجود ندارد، از مساحت تقریبی سیل‌گیر ۲۵ ساله که با پرسش از اهالی و مسؤلین منطقه آزارود تعیین گردید، استفاده شد.

۳-تعیین توابع خسارت کشاورزی

خسارت سیل برای محصولات کشاورزی مشتمل بر سرمایه‌های از دست رفته و فرصت اقتصادی به دست نیامده به ازای رخداد یک واقعه سیل می‌باشد. خسارتهای حاصل از رخداد سیل هم به دلیل وابستگی هزینه صورت گرفته برای زراعت تا زمان وقوع سیل و هم به دلیل تغییر مقاومت ساختمانی گیاه با توجه به مراحل رشد، تابعی از زمان وقوع سیل می‌باشند. بر این اساس دو نوع تابع خسارت برای هر محصول کشاورزی قابل تعریف می‌باشد: **تابع خسارت زمانی** (Time Dependent Loss Function;TDLF) که بر پایه پتانسیل خسارت هر محصول در طی سال تولید می‌شود و اهمیت زمان رخداد سیل را نشان می‌دهد و **تابع فیزیکی خسارت**(Physical Loss Function; PLF) که خسارت وارد بر گیاه مشخص را در هر مرحله از رشد بر اساس پارامترهای فیزیکی سیل به دست می‌دهد و اهمیت بزرگی سیل را در ایجاد خسارت مشخص می‌کند. تابع خسارت کل(Total Loss Function;TLF) نیز قابل تعریف است که از حاصلضرب دو تابع فوق به دست می‌آید. بنابراین پیش‌بینی خسارت کشاورزی، نیازمند تعیین پتانسیل خسارت محصول در طی سال (TDLF)، داده‌های مربوط به فراوانی اثرات فیزیکی سیل و مقاومت گیاه در هر دوره از رشد در مقابل اثرات فیزیکی سیل(PLF) می‌باشد.

۱-تعیین تابع خسارت زمانی

پتانسیل خسارت یک محصول مشخص در طی سال، از زمان کاشت تا درو متغیر است. توابع خسارت محصول به صورت یک رابطه از هزینه سرمایه گذاری و درآمد خالص برای محصول در زمانهای مختلف به دست می‌آیند. پتانسیل کل خسارت کشاورزی را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد :

$$D_j = IC_t + NR \qquad (۱)$$

Archive of SID
www.SID.ir

که در آن D میزان خسارت ، IC هزینه سرمایه‌گذاری، NR درآمد خالص (درآمد منهای همه هزینه‌ها) می‌باشد. j واقعه سیل و t تاریخ سیل می‌باشد. خسارت وارد به تأسیسات کشاورزی و دیگر خسارات غیرمستقیم به صورت درصدی از خسارت محصول قابل بیان می‌باشند.

IC_t و NR برحسب دوره رشد متفاوت بوده و لذا رابطه(۱) برحسب دوره رشد قابل تفکیک می‌باشد. به عنوان مثال در دوره نشاء هزینه سرمایه‌گذاری (IC_t) فقط شامل هزینه آماده‌سازی محصول (PC_t) است که در برگیرنده هزینه‌های صورت گرفته برای آماده‌سازی ابتدایی، کشت، نشا (بذرپاشی)، کوددهی و نیروی کارگری می‌باشد. در دوره ساقه‌زنی و خوشه‌دهی هزینه‌های وجین، آبیاری و مراقبت از محصول نیز به PC_t افزوده می‌شود. نهایتا در مرحله درو، پتانسیل خسارت بیشترین مقدار بوده و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$D_j = GV - HC \qquad (۲)$$

که در آن GV قیمت محصول و HC هزینه درو می‌باشد (USACE, 1998).

در این مطالعه تابع خسارت زمانی(TDLF) برای محصول برنج در اثر وقوع واقعه‌ای که تمام یا بخشی از محصول را در هر مرحله از رشد از بین ببرد، به صورت نسبت (درصد) حاصل‌جمع کل درآمد خالص به دست نیامده و هزینه‌های صورت‌گرفته برای محصول تا زمان t (مرحله مورد نظر) به مرحله برداشت بیان می‌شود.

می‌توان فرم ریاضی تابع فوق را برای تمام مراحل به صورت زیر نشان داد.

$$TDLF = \beta_i \quad \text{و} \quad i=a,s,c,h \qquad (۳)$$

که در آن β درصد خسارت برای هر مرحله از رشد نسبت به مرحله برداشت ، i اندیس نشان دهنده مرحله رشد گیاه و a,s,c,h به ترتیب نشان‌دهنده مرحله نشا، ساقه‌زنی، خوشه‌دهی و درو می‌باشند.

۲-تابع فیزیکی خسارت

تابع فیزیکی خسارت، میزان خسارت وارد بر گیاه را در مقابل پارامترهای فیزیکی سیل مانند عمق، سرعت، زمان ماندابی و غیره به دست می‌دهد. اغلب محققین گذشته تابع خسارت را در مورد هر نوع خسارتی با پارامتر عمق یا سرعت سیل ارتباط می‌دادند. حال آنکه برای بررسی اندرکنش پیچیده جریان و گیاه، تنها عمق و سرعت کافی نیست و پارامترهای هیدرولیکی دیگر و یا ترکیب آن‌ها برای تعیین میزان خم‌شدگی و نهایتا شکست ساقه گیاه مورد نیاز است (گنجی و همکاران، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱). در همین راستا در تحقیقی که گنجی و همکاران برای تعیین تابع خسارت کشاورزی برای گیاه برنج انجام داده‌اند، علاوه بر بررسی هر یک از دو پارامتر عمق و سرعت به تنهایی، تأثیر پارامترهای حاصل‌ضرب عمق و سرعت، عدد فرود، عدد رینولدز و تنش برشی را نیز در برآورد میزان خسارت مورد بررسی قرار دادند. با توجه به تفاوت میزان خسارت بر حسب دوره رشد گیاه، آنها ارتباط بین میزان خسارت و پارامترهای سیل را برای چهار مرحله مختلف پس از نشا، ساقه‌زنی، خوشه‌دهی و درو برقرار کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که جهت تخمین خسارت کشاورزی از بین کلیه پارامترهای مورد بررسی، عدد رینولدز پارامتر برتر و تابع لگاریتمی زیر بهترین تابع می‌باشد (Ganji et al., 2012).

$$PLF_i = a\ln(Re) - b \; ; \; i = a,s,c,h \qquad (۴)$$

که در آن PLF میزان خسارت وارد به گیاه به صورت درصد، Re عدد رینولدز، i معرف مرحله رشد گیاه و a و b ضرایبی هستند که برای مراحل مختلف رشد توسط آزمایش مشخص می‌شوند.

۴- ارائه روش پیش‌بینی خسارت کشاورزی

همانگونه که در بخش‌های قبلی ذکر شد جهت پیش‌بینی خسارت کشاورزی ناشی از سیل در یک منطقه باید توابع خسارت زمانی و مکانی گیاه زراعی مورد نظر را با هیدرولیک سیل به گونه‌ای ترکیب نمود که بتوان نحوه تأثیر زمان رخداد سیل را دید. همانطوری که ذکر شد هم اکنون

Archive of SID

www.SID.ir

سیل‌گرفتگی برابر با خسارت صددرصد فرض می‌شود که با واقعیت‌های موجود تطابق ندارد. در تحقیق حاضر سیل‌گرفتگی معادل با خسارت صددرصد نبوده و از معادله(۴) به عنوان تابع فیزیکی خسارت برای گیاه برنج استفاده شده است. این تابع ارتباط بین پارامتر فیزیکی سیل (عدد رینولدز) و میزان خسارت وارد بر گیاه برنج را برای مراحل مختلف رشد به درصد نشان می‌دهد.

خسارت کشاورزی بر خلاف دیگر انواع خسارت مانند خسارت ساختمانی وابسته به زمان رخداد سیل است. برای تعیین احتمال رخداد سیل در هر یک از مراحل رشد چند روش را می‌توان پیشنهاد کرد.

الف- از آنجا که مراحل رشد برنج تقریبا با ماه‌های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد مقارن هستند می‌توان تحلیل فراوانی را به صورت ماهانه برای ماه‌های مذکور انجام داده و دبی با دوره برگشت‌های ۲ تا ۵۰۰ ساله را برای هر ماه جداگانه استخراج کرد. با این اطلاعات تخمین خسارت برای هر دوره بازگشت و برای هر دوره از رشد گیاه به راحتی قابل انجام است. این روش به علت کمبود داده در بسیاری از حوضه‌ها از جمله حوضه آزارود عملی نیست.

ب- در این روش می‌توان تحلیل فراوانی را بر اساس دوره رشد گیاه مورد نظر انجام داد و بر اساس داده‌های هیدرولوژیک موجود، نسبت رخداد سیل در هر یک از دوره‌های رشد گیاه نسبت به رخداد سیل در کل فصل رشد گیاه را به دست آورده و با ترکیب ضرایب به دست آمده و توابع خسارت فیزیکی و زمانی، خسارت ناشی از سیل با هر دوره برگشت دلخواه را به دست آورد. بر این اساس عملا می‌توان گفت که در این روش از داده‌های فصلی برای تحلیل سیلاب استفاده می‌شود. مراحل این روش را می‌توان در بندهای زیر خلاصه کرد:

۱- تحلیل فراوانی سیل منطقه مورد نظر بر اساس دوره رشد گیاه مورد مطالعه

۲- تعیین تعداد رخداد سیل در زمان منطبق با هر مرحله از رشد گیاه که با N_a، N_c، N_s و N_h یعنی تعداد رخداد سیل در مرحله نشا، ساقه‌زنی، خوشه‌دهی و درو نشان داده می‌شود.

۳- تعیین تعداد کل رخداد سیل در طول دوره رشد که با N نشان داده می‌شود.

۴- تعیین ضرایب وزنی مربوط به هر مرحله از رشد با استفاده از فرمول $\alpha_i = \frac{N_i}{N}$ که در آن $N_i = N_a, N_s, N_c, N_h$ و α_i نسبت احتمال تجربی رخداد سیل در هر مرحله رشد به احتمال رخداد سیل در کل دوره رشد می‌باشد.

۵- تعیین و تهیه نقشه‌های رقومی عمق و سرعت و سطح سیل‌گرفتگی به ازای رخداد سیل با دوره برگشت تعیین شده

۶- تهیه نقشه رقومی رینولدز با استفاده از نقشه‌های رقومی عمق و سرعت

۷- تعیین نقشه رقومی خسارت فیزیکی (PLF_i) برای هر مرحله از رشد با استفاده از نقشه رقومی رینولدز و توابع خسارت فیزیکی در مراحل مختلف رشد

۸- محاسبه نقشه رقومی خسارت کل (TLF_i) برای هر مرحله که از حاصلضرب تابع خسارت فیزیکی و تابع خسارت زمانی برای هر مرحله به صورت $TLF_i = PLF_i \times \beta_i$ به دست می‌آید.

۹- تأثیر احتمال رخداد سیل در هر مرحله از رشد در نقشه رقومی خسارت کل برای آن مرحله که با ضرب α_i در TLF_i به دست می‌آید.

۱۰- محاسبه خسارت کل به ازای رخداد سیل با دوره برگشت معین با استفاده از رابطه

$$TLF = \sum_{i=a}^{h} (TLF_i \times \alpha_i) \qquad (۵)$$

معادله(۵) معرف ریسک زمانی و مکانی فعالیت‌های کشاورزی به ازای رخداد سیلی با بزرگی معین، فراوانی معین و احتمال رخداد در کل دوره رشد می باشد.

ج- اساس این روش استفاده از تکنیک مونت کارلو می‌باشد. روش ج در حقیقت اصلاح شده روش ب می‌باشد و مبانی آن با تفاوت‌هایی جزئی از تئوری روش ب پیروی می‌کند. در این روش به جای محاسبه α_i بر اساس بندهای ۲، ۳ و ۴ در روش ب ، فرض می‌شود که احتمال رخداد سیل در هر یک از مراحل رشد گیاه از توزیع

Archive of SID

www.SID.ir

یکنواخت پیروی می‌کند و بر این اساس برای محاسبه α_i از این توزیع به صورت تصادفی نمونه‌گیری می‌شود. محاسبات تا ثابت شدن خسارت کل تکرار می‌گردد.

نتایج

۱- استخراج تابع خسارت زمانی

دوره نشا برای گیاه برنج در مناطق مختلف متفاوت است. در منطقه آزارود از دهه آخر اسفند تا ۱۵ فرودین بذر برنج را در خزانه آماده نشا کرده و نشاکاری از دهه سوم فروردین شروع شده و تا اواخر اردیبهشت ادامه می‌یابد. بر اساس اینکه نوع بذر زودرس یا دیررس باشد ۳۰ تا ۴۵ روز پس از نشا گیاه به مرحله ساقه‌زنی می‌رسد و ۲۰ تا ۳۰ روز پس از ساقه‌زنی خوشه می‌دهد. بنابراین دوره ساقه‌زنی از اواخر اردیبهشت تا اوایل تیر ماه و دوره خوشه‌دهی از دهه دوم خرداد تا اوایل مرداد ماه خواهد بود. معمولا ۲۰ روز پس از خوشه‌دهی خوشه‌ها کاملا رسیده و آماده درو می‌شوند. بنابراین دوره درو از اوایل تیر ماه تا اواخر مرداد ماه ادامه می‌یابد.

اگر یک واقعه معین سیل در زمان برداشت برنج رخ دهد و بزرگی آن به اندازه‌ای باشد که کل محصول را از بین ببرد خسارت وارد به کشاورز ۱۰۰ درصد خواهد بود ولی اگر همین واقعه در زمان نشا، ساقه‌زنی و خوشه‌دهی اتفاق بیفتد، خسارت وارد به کشاورز ۱۰۰ درصد نخواهد بود. بر این اساس در این مطالعه حاصل‌جمع هزینه‌های صورت‌گرفته تا زمان برداشت برنج (درو) و درآمد خالص برابر با ۱۰۰ درصد فرض گردیده و خسارت در سایر مراحل به صورت درصدی از خسارت در مرحله درو بیان شده است. با پرسش از کشاورزان و مسئولین بخش کشاورزی در منطقه آزارود، مشخص شد خسارت مستقیم محصول برنج در زمان نشا حدود ۵۰ درصد می‌باشد. خسارت محصول برنج در منطقه آزارود در مراحل ساقه‌زنی و خوشه‌دهی به ترتیب برابر با ۸۰ و ۹۰ درصد برآورد شد.

۲- تعیین خسارت کشاورزی

خسارت کشاورزی در محدوده مورد مطالعه برای کلیه دوره‌های بازگشت ۲ تا ۵۰۰ ساله محاسبه شد. در این بخش به عنوان نمونه مراحل انجام کار و نتایج پیش‌بینی خسارت کشاورزی ناشی از سیل با دوره برگشت۵۰۰ ساله با استفاده از روش توصیه شده (روش ج) ارائه می‌گردد.

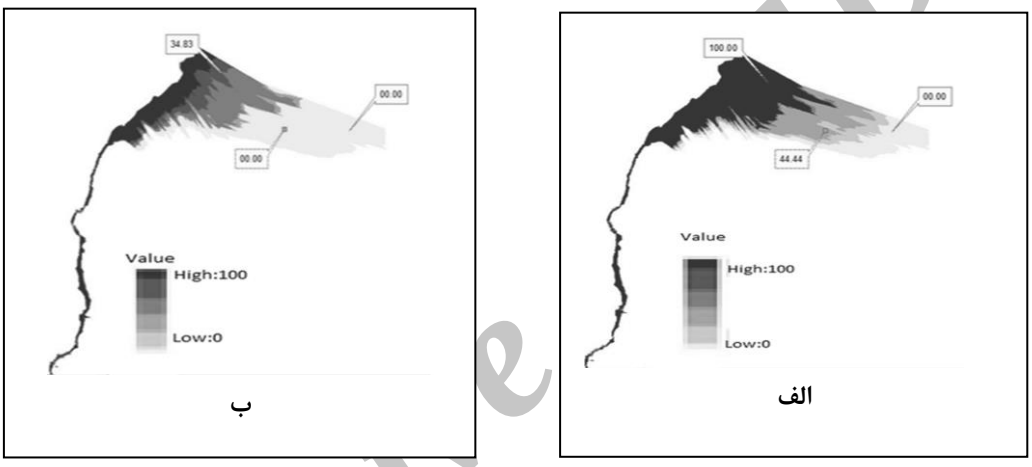
پس از اجرای مدل هیدرولیکی به ازای دبی ۵۰۰ ساله، نقشه رقومی خسارت فیزیکی برای مراحل مختلف رشد (PLF_i) با استفاده از نقشه رقومی رینولدز و رابطه(۴) به دست می‌آید. در مرحله بعد نقشه رقومی خسارت کل $(TLFi)$ برای هر مرحله از دوره رشد از حاصلضرب نقشه رقومی PLF_a ، PLF_s ، PLF_c و PLF_h و تابع خسارت زمانی به دست می‌آید. شکل‌های ۲-الف و ۲-ب بترتیب TLF_s و TLF_c را نشان می‌دهند. بعد از بدست آوردن نقشه توزیع خسارت مکانی به ازای هر دوره رشد لازم است با توجه به آنکه زمان رخداد سیل با دوره بازگشت معین در دوره‌های مختلف رشد نامشخص است، شانس رخداد هر کدام از این خسارتها را بطور تصادفی برآورد کرده و به کمک این احتمالات هر کدام از خسارتهای محتمل را وزن‌دهی نمود. برای این منظور با برنامه‌نویسی در محیط GIS، ۴ مدل رقومی α_a، α_s، α_c و α_h بترتیب برای هر یک از دورهای نشا، ساقه‌زنی، خوشه‌دهی و برداشت به صورت تصادفی چنان تولید می‌شوند که مجموع آنها در هر سلول از نقشه برابر با ۱ گردد. باید برای تعیین خسارت به ازای هر دوره بازگشت در کل دوره رشد آنقدر به تولید α_iها و ضرب آنها در هر کدام از خسارتهای کل مربوط به هر مرحله رشد (TLF_i) و سپس جمع جبری آنها (معادله ۵) ادامه داد به طوریکه تفاوت خسارت هر دو محاسبه متوالی به صفر میل نماید. شکل ۳ مدل رقومی خسارت کل (TLF) را به ازی رخداد سیل ۵۰۰ ساله نشان می‌دهد. همانطور که در شکل‌های (۲-الف و ۲-ب) در مقایسه با شکل(۳) دیده می‌شود خسارت در نقاط متفاوت به ازای رخداد سیل در هر یک از مراحل مختلف رشد با خسارت کل کاملا متفاوت است و نمی‌توان از تأثیر احتمال رخداد سیل در هر یک از مراحل رشد به راحتی چشم‌پوشی کرد. تغییر میزان خسارت، سلول به سلول و ناحیه به ناحیه در شکل‌های مزبور بخوبی پیداست. همانطوری که ذکر شد علاوه بر سیل ۵۰۰ ساله، پیش‌بینی خسارت برای دوره‌برگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله نیز به ترتیبی که ذکر

Archive of SID

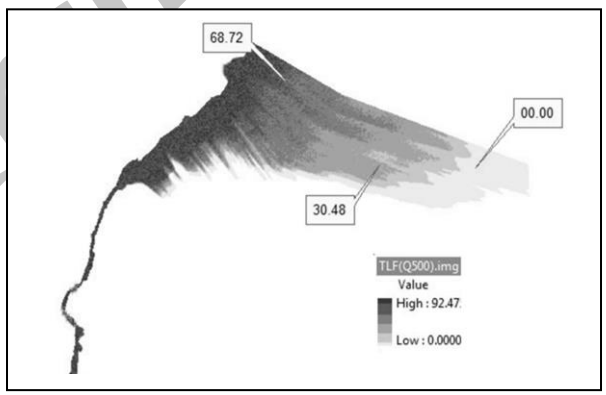
www.SID.ir

گردید، صورت پذیرفته و خلاصه نتایج مربوط به خسارت متوسط نسبت به سطح سیل‌گیر ۵۰۰ ساله در جدول(۱) آمده است. نتایج نشان می‌دهند که نه تنها سیل‌گرفتگی همواره برابر با خسارت صددرصد نیست بلکه در بسیاری مواقع سیل‌گرفتگی هیچ خسارتی به محصول برنج وارد نمی‌کند. برآورد خسارت بدون توجه به این نکته، علاوه بر دست بالا گرفتن سطح محافظت در مقابل سیل، می‌تواند هزینه هنگفتی را به شرکت‌های بیمه وارد آورد. همچنین نتایج نشان می‌دهند که علاوه بر سطح سیل‌گرفتگی، خسارت در یک نقطه مشخص که در دو دوره بازگشت مختلف زیر آب رفته بسیار متفاوت است.

براین اساس انتخاب دوره بازگشت بهینه جهت مدیریت سیل، تخصیص یارانه و یا تعیین حق بیمه و میزان خسارت پرداختی از اهمیت بسزایی برخوردار است و اشتباه در این انتخاب می‌تواند باعث تحمیل هزینه‌های غیرضروری بر سیستم یا محافظت کمتر از حد ضرورت برای منطقه و در نتیجه ایجاد خسارات ناشی از آن گردد.



شکل (۲): الف– TLF_s و ب–TLF_c برای دبی ۵۰۰ ساله



شکل (۳): نقشه رقومی خسارت کل (TLF) به ازی رخداد سیل ۵۰۰ ساله

جدول (۱): خلاصه نتایج پیش‌بینی خسارت (٪) برای سیل‌های ۲ تا ۵۰۰ ساله

دوره بازگشت سیل (سال)	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۵۰۰
سطح سیل‌گیر (ha)	۲۰	۳۷	۷۰	۱۲۶	۲۲۰	۳۷۴	۴۶۴	۵۸۷
خسارت متوسط در سطح سیل‌گیر ۵۰۰ ساله (٪)	۲/۵	۳/۸	۵/۹	۹/۳	۱۳/۰	۲۰/۵	۲۷/۵	۴۷/۱

Archive of SID
www.SID.ir

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر پیش‌بینی خسارت کشاورزی ناشی از سیل برای حوضه آزارود که یک حوضه سیل‌خیز در شمال ایران بوده و معرف خوبی از منطقه می‌باشد، به عنوان منطقه مطالعاتی و گیاه برنج که بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص می‌دهد به عنوان گیاه مورد مطالعه انجام گردید. جهت شبیه‌سازی هیدرولیک سیل از مدل HECRAS که به راحتی با GIS لینک می‌شود استفاده شد. تابع خسارت زمانی (TDLF) برای محصول برنج توسط پرسش از کشاورزان و مسؤولین منطقه، به صورت درصدی از حاصل‌جمع کل درآمد خالص به دست نیامده و هزینه‌های صورت گرفته برای محصول تا زمان t نسبت به مرحله برداشت استخراج گردید. جهت برآورد خسارت فیزیکی توابع خسارت-رینولدز در مراحل مختلف رشد گیاه برنج شامل نشا، ساقه‌زنی، خوشه‌دهی و درو به کار برده شد. این توابع ارتباط بین میزان خسارت و بزرگی سیل را در هر مرحله از رشد نشان می‌دهند. از آنجا که خسارت کشاورزی وابسته به زمان رخداد سیل می‌باشد، جهت پیش‌بینی خسارت کشاورزی لازم بود روشی ارائه گردد که بتواند تأثیر احتمال رخداد سیل در هر یک از مراحل رشد گیاه برنج را ببیند. در این مطالعه برای رسیدن به این هدف از تکنیک مونت کارلو استفاده به عمل آمد. تحلیل فراوانی سیل به صورت فصلی انجام گرفته و خسارت کل به ازای رخداد سیل با بزرگی معین از حاصل‌جمع خسارت ایجاد شده توسط سیل مذکور در مراحل مختلف رشد با توجه به احتمال رخداد سیل در هر مرحله تعریف گردید. برای وزن‌دهی به احتمال رخداد سیل در هر یک از مراحل رشد گیاه برنج، از توزیع یکنواخت به صورت تصادفی چنان نمونه‌گیری شد که مجموع ضرایب برابر با یک باشد و مراحل محاسبه خسارت تا ثابت شدن خسارت کل ادامه یافت.

مهم‌ترین نتایج حاصل از این تحقیق عبارتند از:

-نه تنها سیل‌گرفتگی همواره برابر با خسارت صد در صد نیست بلکه در بسیاری مواقع سیل‌گرفتگی به محصول برنج هیچ خسارتی وارد نمی‌کند. این امر بررسی مجدد روش‌های کنونی برآورد خسارت و جایگزینی آن با روشی نظیر روش پیشنهادی این تحقیق را بطور جدی مطرح می‌نماید.

-خسارت با توجه به توپوگرافی در اطراف رودخانه می‌تواند در نقاط مختلف حوضه بسیار متفاوت باشد و این امر اهمیت ترکیب شبیه‌سازی هیدرولیکی سیل با توابع خسارت را آشکارتر می‌کند.

- روش مناسب برای برآورد خسارت کشاورزی باید به هر دو عامل زمان و مکان توجه نماید.

- برای جبران کمبود داده‌های مربوط به دبی، روش نمونه‌گیری تصادفی و برای رسیدن به خسارت متوسط و محاسبه ریسک کوتاه مدت روش مونت‌کارلوی ویژه‌ای که در این تحقیق بکار گرفته شده است توصیه می‌گردد.

-میزان خسارت ناشی از یک سیل معین که در زمان‌های متفاوت سال رخ داده، در نقاط مختلف حوضه از صفر تا صددرصد متغیر است. با توجه به استفاده از نقشه‌های رستری در محیط GIS می‌توان برای هر سلول از نقشه میزان خسارت را تعیین و بر این اساس به تهیه نقشه ریسک کشاورزی بر مبنای زون‌بندی مناطق برحسب میزان خسارت وارده پرداخت.

-نتایج حاصل از این تحقیق مبانی لازم برای تهیه دستورالعمل بیمه سیل کشاورزی را فراهم می‌نماید.

-میزان متوسط خسارت ناشی از رخداد سیل‌های با دوره برگشت ۲ تا ۵۰۰ ساله در مساحتی به وسعت سیل ۵۰۰ ساله از ۲ تا ۵۰ درصد متغیر بوده و در پهنه سیل‌گیر خسارت هیچگاه صد در صد نبوده است.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با استفاده از اعتبار پژوهشی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) با شماره ۹۱-۷۵۱۰۳۶ حمایت شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

۶- منابع

۱- امامی، ک. ۱۳۸۵. روش‌های غیر سازه‌ای مدیریت سیلاب. کارگاه فنی همزیستی با سیلاب. تهران، ایران.

۲- امیدوار، ب.، ک. امامی، ه. خدایی و ح. حکمتی‌فر. ۱۳۸۴. سیستمهای پیش بینی هشدار سیلاب و نقش آن در مدیریت بحران. اولین کنفرانس بین المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه. تهران. ایران، ص۱-۷.

۳- خدایی، ه.، م. کبارفرد و ج. مظفری. ۱۳۸۵. پیش‌بینی و هشدار، ابزاری کارا برای همزیستی با سیلاب. کارگاه فنی همزیستی با سیلاب. تهران، ایران.

۴- شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی. روابط عمومی. آخرین بازدید: ۱۳۹۱.http://www.khrw.ir .

۵- شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان گلستان. روابط عمومی. آخرین بازدید: ۱۳۹۱.http:// www.gsrw.ir

۶- شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان گیلان. روابط عمومی. آخرین بازدید: ۱۳۹۱.http://www.glrw.ir .

۷- کمیته ملی آبیاری و زهکشی. ۱۳۷۹. راهنمای روشهای غیر سازه‌ای مدیریت سیلاب. نشریه شماره ۴۰.

۸- گنجی، ز.، ع.ر. شکوهی و ج.م.و. سامانی. ۱۳۹۰. تعیین عمق و سرعت جریان سیلابی در آستانه شکست گیاهان زراعی و محاسبه موقعیت برش در آنها با استفاده از آنالیز تحلیلی وآزمایشگاهی، مطالعه موردی؛ برنج. مجله هیدرولیک، سال ۶، شماره ۱، ص ۵۳-۶۸.

۹- گنجی، ز.، ع.ر. شکوهی و ج.م.و. سامانی. ۱۳۹۱. بررسی تحلیلی رفتار متقابل گیاه و جریان جهت تبیین مبانی مدل ریاضی خسارت کشاورزی. یازدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران. ارومیه. ایران. ص۱-۹.

۱۰- ملک محمدی، ب. و م. تجریشی.۱۳۸۴. تعیین نرخ بیمه سیل در مناطق شهری. صنعت بیمه سال ۱۴، شماره ۵۵. ص۷۰-۸۷.

۱۱- ملک محمدی، ب، ب. زهرایی، ر. کراچیان و ا. ضیایی. ۱۳۸۶. تلفیق مدل بهینه سازی کنترل سیلاب در مخازن سدها با مدل پهنه‌بندی تعیین خسارت در رودخانه پایین دست، ششمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهر کرد، ایران، ص ۱-۱۱.

۱۲- مصباحی، م؛ ج. عطاری؛ ر. سبزیوند. ۱۳۸۶. تحلیل خطرپذیری و مدیریت سیلاب با استفاده از نرم‌افزارهای HEC-RAS و GIS و تحلیل اقتصادی خسارت، ششمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهر کرد.

۱۳- نوری، م. و ب. شریفی. ۱۳۹۰. بررسی اهمیت روش‌های غیرسازه‌ای در مدیریت سیلاب. ششمین کنگره ملی مهندسی عمران. سمنان، ایران ص ۱-۹.

۱۴- وزارت نیرو. ۱۳۸۵. راهنمای ارزیابی خسارت سیلاب، پیش‌نویس نشریه شماره ۲۹۶-الف، دفتر استانداردها و معیارهای فنی، معاونت پژوهشی و مطالعات پایه، شرکت مدیریت و منابع آب ایران.

15- Ahmad, S.S., S.P. Simonovic. 2011. A three-dimensional fuzzy methodology for flood risk analysis. Journal of Flood Risk Management, 4(1): 53-74.

16- Berning, C., L.D. Plessis & M.F. Viljoen. 2001. Loss functions for structural flood mitigation measures, Water SA, 27(1): 35-38.

17- Berning, C., M.F. Viljoenand & L.D. Plessis. 2000. Loss functions for sugar-cane: Depth and duration of inundation as determinants of extent of flood damage, Water SA, 26(4): 527-530.

18- Department of Homeland Security Federal Emergency Management Agency Mitigation Division Washington, D.C. 2008. HAZUS: Multi-Hazard Loss Estimation Model Methodology-Flood Model Technical Manual. National Institute of Building Sciences Washington, D.C.

19- Dutta, D., S. Herath & K. Musiake. 2003. A mathematical model for flood loss estimation, Journal of Hydrology 277:24–49.

20- Ganji, Z., A. Shokoohi & J.M. Vali Samani. 2012. Developing an agricultural flood loss estimation function (case study: rice), Natural Hazards, 64:405-419.

21- HEC-FDA. 2008. Flood Damage Reduction Analysis, User Manual Version 1.2.4, Us Army Corps of for Water Resources Hydrologic Engineering Center.

22- Huang, X., H.Tan, J. Zhou, T. Yang, A. Benjaminand, S.W. Wenand, S. Li, A. Liu, X. Li & S. Fen. 2008. Flood hazard in Hunan province of China: an economic loss analysis, Nat Hazards, 47:65–73.

23- Kalyanapu, A.J., D.R. Judi & T.N. McPherson. 2012. Monte Carlo-based flood modelling framework for estimating probability weighted flood risk. Journal of Flood Risk Management, 5(1): 37-48.

24- Kang, J.L., M.D. Su & L.F. Chang. 2005. Loss Functions and Framework for Regional Flood Damage Estimation in Residential Area, Journal of Marine Science and Technology, 13(3): 193-199.

Archive of SID

www.SID.ir

25- Middelmann-Fernandes, M.H. 2010. Flood damage estimation beyond stage–damage functions: an Australian example. Journal of Flood Risk Management, 3(1): 88-96.
26- Patel, D. & M. Dholakia. 2010. Feasible Structural and Non- Structural Measures to Minimize Effect of Flood in Lower Tapi Basin. WSEAS TRANSACTIONS on FLUID MECHANICS, 3(5): 104-121.
27- Smith, D.I. & M. Greenaway. 1988. The Computer Assessment of Urban Flood Damage: ANUFLOOD, Technical Report, Desktop Planning, Melbourne, Hargreen, Australia.
28- Solin, L. 2012. Spatial variability in the flood vulnerability of urban areas in the headwater basins of Slovakia. Journal of Flood Risk Management, 5(4): 303-320.
29- US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. 1985. Agricultural Flood Damage Analysis User's Manual.
30- WMO. 2006. Sustainable development through integrated flood management. WMO Bulletin 55(3).

Non-structural management of floodplains using agricultural flood loss estimation

Alireza Shokoohi[1] , Zahra Ganji[2]

Abstract

Agricultural flood loss estimation is the first step toward non-structural management of rural areas and requires the combination of flood frequency analysis, flood hydraulic simulation and loss function estimation for each growth stage of the crop. Due to the amount of investment and plant resistance, agricultural loss varies according to different growth stages; that is, agricultural flood loss is a time dependent phenomenon. In the proposed algorithm, which is based on the Monte Carlo technique, the chance of the flood occurrence at each growth stage is generated via a repetitive sampling from the Uniform probability density function while an insignificant difference between two consecutive summations of the losses at different stages gives the final total loss. Rice as the main crop of the north of Iran was selected for the study. The results showed that the loss is a non-linear function of the growth stages and increases as follows: transplanting, clustering stemming and harvesting. In contrast to the existing methods that suppose 100% loss for flooded areas, the 100, 200, and 500 return period floods caused losses equal to 21, 27, and 47% respectively.

Keywords: Agricultural flood loss estimation, Spatial and temporal risk, Loss functions, Rice, Non-structural management

Archive of SID

1- Associate professor, Water engineering Dept., Faculty of engineering and technology, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. shokoohi@ikiu.ac.ir.
2- Assistant Professor, Water engineering Dept., Faculty of Agriculture, Shahroud Industrial University, Shahroud, Iran. z_ganji59@yahoo.com.

www.SID.ir