

ارزیابی اثر عملیات آبخیزداری بر زمان پیش هشدار حوزه آبخیز گلابدره - دربند

محمد ابراهیم بنی حبیب^{۱*}

Banihabib@ut.ac.ir

آذر عربی^۲

تاریخ پذیرش: ۸۷/۷/۳

تاریخ دریافت: ۸۷/۵/۲۰

پیش بینی و هشدار سیلاب، قبل از وقوع آن یکی از راه های موثر کاهش خسارت سیل می باشد. در مقاله حاضر اثر عملیات آبخیزداری بر زمان پیش هشدار^۳ حوزه گلابدره - دربند با استفاده از مدل^۴ HEC-HMS مورد ارزیابی قرار گرفته است. بدین منظور مدل فوق برای شرایط حوزه گلابدره - دربند واسنجی و صحت یابی گردیده است. واسنجی و صحت یابی مدل برای دوره های قبل و بعد از انجام عملیات آبخیزداری^۵ صورت پذیرفته و در هر دوره دو سیلاب و رگبار رخ داده موجود، مورد استفاده قرار گرفته است. بر مبنای مدل واسنجی و صحت یابی شده، شبیه سازی سیلاب های با دوره بازگشت مختلف انجام یافته و پس از تعیین حد آستانه هشدار سیلاب، زمان پیش هشدار این سیلاب ها برآورد گردید. مقایسه زمان پیش هشدار سیلاب های با دوره بازگشت مختلف، در دوره های قبل و بعد از انجام عملیات آبخیزداری نشان داد که تغییر کاربری اراضی ناشی از عملیات آبخیزداری منجر به افزایش زمان پیش هشدار سیل در دوره بازگشت های مختلف گردیده است. به طوری که مقدار آن برای سیلاب ۵۰ ساله از ۱۱ دقیقه به ۱۵ دقیقه (در حدود ۲۶٪) افزایش یافته است. این در حالی است که با افزایش دوره بازگشت مدت زمان هشدار سیل کاهش می یابد.

واژه های کلیدی: زمان پیش هشدار، عملیات آبخیزداری، گلابدره - دربند، مدل HEC-HMS، مهار سیلاب

۱- استادیار دانشگاه تهران- پردیس ابوریحان* (مسئول مکاتبات)

۲- محقق موسسه تحقیقاتی و مطالعاتی رایان آب نوآور(هیدروانفورماتیک)

3-Forecast Lead Time

4-Hydrologic Engineering Center- Hydrology Modeling System

5-Before and After Watershed Management

6-Forecast Lead Time

مقدمه

سیل خیز بودن اکثر حوضه‌های کشور از یک طرف و پیشرفت فن آوری های کامپیوتری از طرف دیگر ضرورت مدیریت سیلاب از طریق مدل سازی را دو چندان کرده است (۱). امروزه با به‌کارگیری روش های غیر سازه‌ای به خصوص روش پیش بینی و هشدار سیل در کنار روش های سازه‌ای، موفقیت طرح‌های مهار سیلاب بیشتر شده است (۱). اگر هشدار یا اخطار به موقع و پیشاپیش داده شود امکان به حداقل رساندن خسارت‌های سیل با روش هایی نظیر تخلیه افراد و امکانات از محدوده سیل‌گیر وجود دارد (۱). در این راستا استفاده از مدل‌های پیشرفته برای افزایش زمان پیش هشدار ضروری است. از سوی دیگر شهری شدن سطح حوضه بر روی زمان تمرکز سیلاب و هیدروگراف سیل اثر می‌گذارد. لذا لازم است قابلیت روش های مختلف شبیه‌سازی در تعیین زمان پیش هشدار سیلاب در شرایط تغییر کاربری سنجیده شود. تعدادی از پژوهشگران با به‌کارگیری مدل‌های مختلف هیدرولوژی در حوضه‌های مختلف رواناب خروجی از این حوضه‌ها را بررسی نمودند.

Vieux B.E و همکاران به منظور پیش بینی سیلاب های برق آسا^۱ و جریان های واریزه‌ای که حوضه‌ای در تایوان را تهدید می نمود از مدل بارش - رواناب وفلو^۲ استفاده نمودند. مدل مورد استفاده قادر بود تراز سطح آب را در هر نقطه‌ای از حوضه پیش بینی نماید. در نهایت بعد از شبیه‌سازی جریان و مقایسه آن با هیدروگراف مشاهداتی توانایی مدل در پیش بینی جریان تخمین زده شد. با توجه به این که هیدروگراف خروجی دارای سه نقطه پیک بود، مدل توانسته بود دو نقطه پیک آن را به خوبی شبیه‌سازی کند و نقطه پیک سوم از دقت خوبی برخوردار نبود که این امر باعث بالا رفتن خطای مدل شده بود (۲). Camoroni G. و همکاران اثر تغییر کاربری اراضی در وقوع سیلاب حوضه رودخانه پو^۳ در نزدیکی شهر

بلوگنا^۴ را بررسی نمودند. در تحقیق انجام یافته از یک مدل بارش- رواناب و نیز یک مدل هیدرودینامیک استفاده گردید. نتایج تأثیر قابل توجه تغییر کاربری اراضی را روی هیدروگراف شبیه سازی شده نشان داد (۳). در تحقیقی دیگر De Roo A.P و همکاران با استفاده از یک مدل شبیه سازی هیدرولوژی به نام ListFlood Model اثر تغییر کاربری اراضی را روی وقوع سیل در حوضه ادر^۵ بررسی نمودند. این مدل قادر بود در حوضه های بزرگ رواناب را شبیه سازی نماید و نسبت به مدل‌های دیگر هیدرولوژی از قابلیت تحلیل بسیار بالا برخوردار بود. نتایج حاکی از افزایش خطر وقوع سیل در اثر تغییر کاربری اراضی در طی ۳۰ سال آینده بود (۴و۵). Kafle T.P و همکاران با به‌کارگیری مدل HEC-HMS اثر بارش در تولید رواناب حوضه بگماتی^۶ در ویتنام را بررسی کردند. پس از واسنجی مدل و شبیه سازی آن نتایج نشان داد که اوج سیلاب شبیه‌سازی شده خیلی نزدیک به مقدار مشاهداتی آن به‌دست آمد (۶). رادمنش و همکاران برای پیش بینی سیلاب حاصل از بارش در حوضه آبریز رودزرد واقع در جنوب غربی ایران، مدل HEC-HMS را ارزیابی نمودند. در این تحقیق شش رگبار مشاهداتی در محدوده مورد مطالعه و نواحی اطراف آن به همراه شش سیل همزمان از خروجی حوضه انتخاب شدند. سپس پارامترهای مدل در روش SCS مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده حاکی از برازش مناسب دبی اوج هیدروگراف مشاهداتی و هیدروگراف شبیه سازی شده بود. اختلاف زمانی در رسیدن به اوج هیدروگراف در تمام موارد بررسی شده مساوی و یا کمتر از یک ساعت برآورد گردید (۷). طی تحقیقی محمود آذری و همکاران به منظور بررسی رفتار سیلاب و نحوه گسترش آن در بازه‌ای از رودخانه جاغرق در شمال خراسان رضوی از تلفیق مدل‌های هیدرولوژیکی HEC-HMS و مدل هیدرولیکی HEC-RAS استفاده کردند. بدین منظور با استفاده از بارش و رواناب ایستگاه‌های باران سنجی و

4-Bologna City
5-Oder Catehment
6- Bagmati Basin

1-Flash Flood
2-Veflo Model
3-Po River

زمان پیش‌هشدار در شرایط قبل و بعد از انجام عملیات آبخیزداری ارزیابی گردیده است. این ارزیابی بر مبنای تغییرات ایجاد شده توسط عملیات آبخیزداری و تغییر کاربری انجام گرفته در حد فاصل سال های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۱ هجری شمسی بوده است.

مواد و روش ها

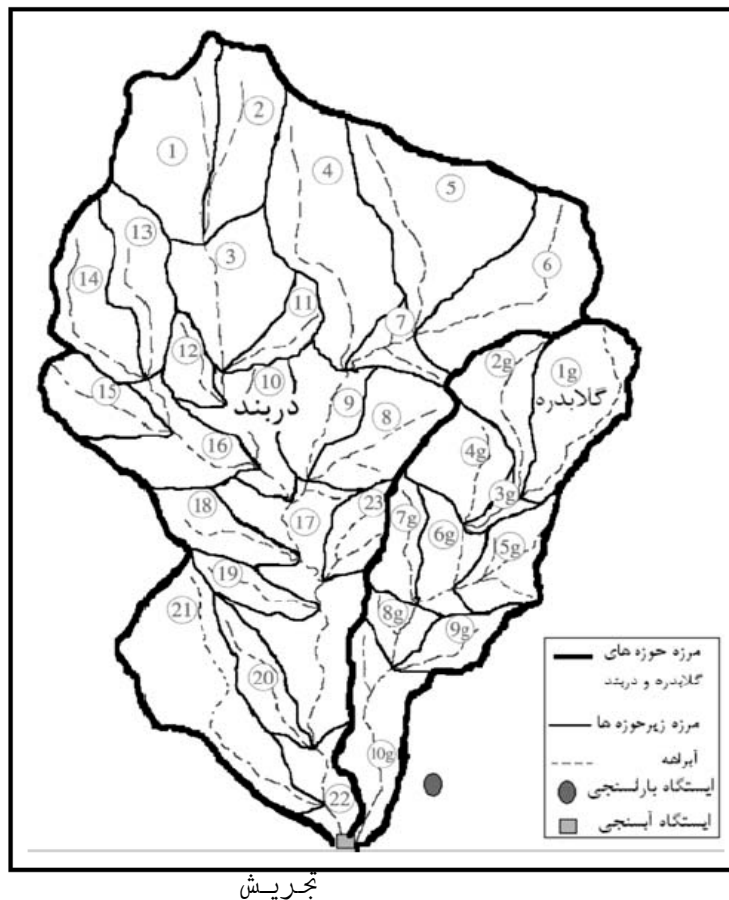
۱- مواد

بهره‌برداری از عرصه‌های آبخیز به شیوه‌های مختلفی صورت می‌گیرد. این بهره‌برداری‌ها به دنبال خود اثراتی به همراه دارند. حوزه آبخیز گلابدره - دریند به دلیل واقع شدن در شمال تهران و سابقه سیلاب های مهیب و ویرانگر آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به منظور انجام این تحقیق نقشه تقسیم بندی این حوزه مطابق شکل ۱ استفاده گردید (۹).

هیدرومتری حوضه، مدل HEC-HMS واسنجی گردید و با برداشت مقاطع عرضی رودخانه در محل بازه‌های مسکونی حوضه، پهنه‌بندی‌های سیلابی مربوط به بارش‌های با دوره بازگشت‌های ۱۰، ۲۰ و ۵۰ سال در GIS با استفاده از الحاقیه HEC-GeoARS در ArcView نمایش داده شد. نتایج این مطالعه نحوه گسترش پهنه‌های سیلابی در بازه مورد مطالعه را به خوبی نشان داد و ضمن تأکید کارآیی تلفیق مدل‌های مذکور، کاربرد آن را در برنامه ریزی شهری و مدیریت توسعه مناطق مسکونی توصیه می‌نماید (۸).

بررسی مقالات فوق نشان داد که مدل HEC-HMS

و نیز سایر مدل‌های هیدرولوژی برای شبیه سازی انواع حوضه‌ها بکار گرفته شده اند. ولیکن اثر کاربری‌های مختلف یک حوضه در طی دوره‌های مختلف که بر روی هیدروگراف سیلاب و نیز زمان پیش‌هشدار حوضه تأثیر قابل توجهی دارد بررسی نشده است. لذا در مقاله حاضر مدل HEC-HMS در تعیین



شکل ۱- نقشه حوضه گلابدره - دریند (۹)

جدول ۲- درصد کلاس های مختلف پوشش در حوضه

مورد مطالعه (بعد از آبخیزداری) (۱۰)

گلابدره	دربند	حوضه
۵/۱۱	۶/۰۱	باغ
۱/۴۴	۵/۴۲	مرتع غنی
۸/۳۲	۱۹/۳	مرتع فقیر
۷۳/۷۴	۶۵/۰۱	خاک لخت
۱۱/۴۰	۲/۹۵	مناطق شهری
۰	۱/۳۱	مزارع کشاورزی

همچنین به منظور واسنجی و صحت یابی مدل HEC-HMS نیاز به رگبار و هیدروگراف سیلاب ثبت شده و تصاویر ماهواره‌ای همزمان می باشد. هیدروگراف سیلاب مشاهده‌ای و تصاویر ماهواره‌ای همزمان به تعداد محدود قابل دسترس بودند که مورد استفاده قرار گرفتند. لذا برای شرایط قبل از عملیات آبخیزداری، از سیلاب مورخ ۷۵/۱۱/۱۵ برای واسنجی مدل و رگبار هیدروگراف مورخ ۷۷/۱۱/۹ برای صحت یابی مدل استفاده گردید. در شرایط بعد از انجام عملیات آبخیزداری رگبار هیدروگراف مورخ ۸۰/۶/۲۷ برای واسنجی و رگبار هیدروگراف مورخ ۸۰/۱۲/۲۷ برای صحت یابی مدل انتخاب گردیده است (۱۰). همچنین به منظور تعیین سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف نیاز به الگو و عمق بارش می باشد. در جدول ۳ الگوی بارش در استان تهران که شامل دو تیپ A و B می باشد، ارائه شده است. در حوضه گلابدره- دربند الگوی تیپ B توصیه گردیده است (۱۱). همچنین بارش‌های یک ساعته با دوره بازگشت های ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ سال که از روی منحنی IDF نیاوران و با برآزش توریع‌های آماری بارش‌ها تعیین گردیده و مطابق جدول ۴ ارائه شده است (۱۱). شایان ذکر است از آن جایی که هدف از این مقاله تعیین مدت زمان هشدار سیلاب می باشد، ملزم به استفاده از سیلاب های با دوره بازگشت بالا بودیم.

از جمله اقدامات آبخیزداری انجام شده در منطقه مورد مطالعه به عملیات مکانیکی، عمیات بیولوژیکی و اقدامات مدیریتی می‌توان اشاره نمود. عملیات مکانیکی حوضه شامل احداث سدهای اصلاحی، بانکت و سدهای تاخیری می باشد. از اقدامات بیولوژیکی انجام شده به ایجاد پوشش گیاهی مناسب با اقلیم منطقه می‌توان اشاره نمود. اقدامات مدیریتی این حوضه شامل قرق، جلوگیری از ساخت و سازهای غیر مجاز، مدیریت مرتع و تشویق مردم در حفاظت از پوشش گیاهی موجود می باشد.

مشخصات فیزیکی حوضه مورد مطالعه شامل سطح حوضه و مشخصات آبراهه‌ها است. با توجه به پایه هیدرولیکی و دقت روش ماسکینگام - کونج استاندارد، از این روش در روند یابی سیل در آبراهه استفاده گردیده است (۱۰). لذا پارامترهای فیزیکی مورد نیاز برای آبراهه‌های این حوضه شامل شکل مقطع عرضی، طول آبراهه‌ها، شیب کف آبراهه، عرض کف بستر جریان، شیب جانبی آبراهه‌ها و ضریب مانینگ که مقدار آن از حداقل ۰/۰۴ تا حداکثر ۰/۰۸ متغیر می‌باشد. لازم به ذکر است که این حوضه در شرایط قبل و بعد از انجام عملیات آبخیزداری (سال های ۱۳۶۷ و ۱۳۸۰) دارای شیب متفاوتی می‌باشد (۱۰). در جداول ۱ و ۲ درصد کلاس‌های مختلف پوشش حوضه در شرایط قبل و بعد از انجام عملیات آبخیزداری ارائه شده است.

جدول ۱- درصد کلاس های مختلف پوشش در حوضه

مورد مطالعه (قبل از آبخیزداری) (۱۰)

گلابدره	دربند	حوضه
۳/۹۵	۳/۸۹	باغ
۱۱/۳۸	۴/۸۲	مرتع غنی
۹/۰۰	۱۶/۷۷	مرتع فقیر
۷۳/۴۲	۷۱/۳۸	خاک لخت
۲/۲۶	۱/۴	مناطق شهری
۰	۱/۷۴	مزارع کشاورزی

جدول ۳- توزیع زمانی بارش در ایستگاه نیوران(۲)

زمان	۲۵ درصد اول	۲۵ درصد دوم	۲۵ درصد سوم	۲۵ درصد چهارم
درصد بارش (mm/h)	۱۱/۱	۴۰/۷۴	۲۹/۱	۱۹/۴۱

جدول ۴- شدت بارش‌های یک ساعته ایستگاه نیوران(۲)

دوره بازگشت (سال)	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰۰
شدت بارش (mm/h)	۱۹/۱	۲۱/۶	۲۴/۴	۲۷/۵	۳۳/۰۴	۴۱/۶۵

۲- روش‌ها

۲-۱- مشخصات مدل HEC-HMS

مدل HEC-HMS که یک مدل شبیه‌سازی هیدرولوژیکی حوضه می باشد در محیط ویندوز کار می کند و اساس اصلی آن، مدل HEC-1 بوده که سال‌های متمادی در حوضه‌های کشورهای مختلف از جمله ایران برای شبیه‌سازی حوضه‌های مختلف به کار گرفته شده است. مدل HEC-HMS برای شبیه‌سازی سیلاب دارای دو بخش عمده مدول تبدیل بارش به رواناب^۱ و مدول روند یابی سیلاب در آبراهه^۲ می باشد. این مدل برای تبدیل بارش به رواناب روش‌های مختلفی پیشنهاد نموده است (۱۰). برای محاسبه تلفات حوضه روش‌های ممکن حوزه آبخیز شامل مقدار ثابت، مدل SMA^۳، مدول شبکه بندی شده SMA، روش شماره منحنی^۴، روش شبکه بندی شده شماره منحنی، روش گرین امپت و روش تلفات صفر می‌باشد. برای تبدیل رواناب به هیدروگراف مدل از روش‌های هیدروگراف واحد کلارک^۵، موج سینماتیک، هیدروگراف مود کلارک^۶، هیدروگراف اشنايدر، هیدروگراف S کاربر، هیدروگراف واحد کاربر و هیدروگراف واحد SCS استفاده می‌کند. در این تحقیق با توجه به نوع اطلاعات موجود از منطقه به منظور محاسبه تلفات در کاربری‌های قبل و بعد از آبخیزداری از روش شماره منحنی و برای تبدیل رواناب به

هیدروگراف از هیدروگراف واحد SCS استفاده گردیده است. مدل HEC-HMS برای روندیابی سیل در آبراهه از روش‌هایی چون ماسکینگام کونج استاندارد، زمان تأخیر^۷، ماسکینگام، پالس اصلاح شده، ماسکینگام کونج هشت نقطه‌ای و موج سینماتیک استفاده می‌کند (۱۰). با توجه به اساس هیدرولیکی و دقت روش ماسکینگام-کونج استاندارد، از این روش در روندیابی سیل در آبراهه استفاده گردیده و اثر تغییرات ناشی از احداث سدهای اصلاحی بر شیب بازه‌های رودخانه با روش ماسکینگام کونج استاندارد بر شبیه‌سازی سیلاب اعمال شده است.

۲-۲- واسنجی مدل

واسنجی روندی است برای تنظیم پارامترها تا این که نتایج مدل با داده‌های مشاهداتی سازگار شود. از بین عوامل تجربی مختلف از جمله شماره منحنی، مقدار تلفات و ضریب مانینگ با توجه به آنالیز حساسیت انجام شده، مقدار شماره منحنی زیر حوضه‌ها به عنوان متغیر واسنجی مدل انتخاب گردید. چرا که حساسیت دبی اوج نسبت به شماره منحنی بیشتر بوده است (۹). علت استفاده از خطای بده اوج به عنوان تابع هدف بهینه‌سازی در روش واسنجی اهمیت تخمین دقیق تر بده اوج در پروژه‌های مهار سیلاب می باشد. لذا از تابع هدف درصد خطا در بده اوج^۸ که به صورت رابطه زیر می‌باشد استفاده استفاده شد.

- 1-Loss method transform
- 2-Routing method
- 3-Soil Moisture Accounting
- 4-Curve Number
- 5-Clark Unit Hydrograph
- 6- Mode Clark UH

7-Lag Time

8-Percent error in peak flow

هیدروگراف شبیه سازی با کل داده های بارش) به حد آستانه، T_E^6 فرض شود، زمان پیش هشدار (T_L^7) از تفاضل این دو پارامتر طبق رابطه (۲) به دست می آید (۱۳). شکل ۳ اجزای مختلف محاسبه زمان پیش هشدار برای یک سیلاب نمونه را نشان می دهد.

$$T_L = T_E - T_F \quad (2)$$

اما اگر پیک سیلاب شبیه سازی کوچکتر از حد آستانه بود مدت زمان بارندگی را به اندازه dT افزایش می دهد و این عمل آن قدر تکرار می شود تا پیک سیلاب شبیه سازی مساوی و یا بزرگ تر از حد آستانه شود.

$$z = 100 \left| \frac{Q_o(peak) - Q_s(peak)}{Q_o(peak)} \right| \quad (1)$$

که در آن Z تابع هدف، $Q_o(peak)$ دبی پیک هیدروگراف مشاهداتی، $Q_s(peak)$ دبی پیک هیدروگراف محاسباتی می باشد. شایان ذکر است که در واسنجی مدل از یک روش جستجو^۱ استفاده می شود تا با تنظیم پارامترها مقدار تابع هدف خطی به حداقل برسد و مدل، مقادیر پارامتر را در حالت مطلوب^۲ (خطای حداقل) پیدا کند. در این تحقیق از روش UG^3 برای تنظیم شماره منحنی ها استفاده شده است. این روش در شرایطی که تنها یک پارامتر ارزیابی می شود، استفاده می گردد.

۲-۳- تعیین زمان پیش هشدار سیل

در یک سامانه هشدار سیل^۴ به فاصله زمانی بین تشخیص خطر و رسیدن به حد آستانه زمان پیش هشدار گفته می شود. به منظور تعیین آن ابتدا لازم است یک حد آستانه مشخص گردد. در حوضه گلابدره - دربند با توجه به این که پهنه سیلگیر ۲۵ ساله بستر رودخانه محسوب می شود، پیک سیلاب ۲۵ ساله به عنوان حد آستانه در نظر گرفته شد (۱۲). شکل (۲) فلوجارت محاسبه زمان پیش هشدار سیلاب را نشان می دهد. بر اساس این فلوجارت ابتدا هایتوگراف بارندگی به گام های زمانی کوچک یک دقیقه ای ($dT = 1 \text{ min}$) تقسیم گردید. با فرض این که t_1 زمان شروع بارندگی باشد، بارش به وقوع پیوسته در مدت $t_1 + dT$ به مدل داده شده و سپس هیدروگراف سیلاب شبیه سازی گردید. اگر پیک سیلاب شبیه سازی مساوی و یا بزرگتر از حد آستانه باشد وجود یک هشدار ضروری است. در چنین شرایطی اگر مدت زمان بخشی از بارندگی که منجر به وقوع یک هشدار شده است، T_F^5 فرض شود و مدت زمان رسیدن هیدروگراف واقعی رواناب

1-Search Method

2 - Optimal

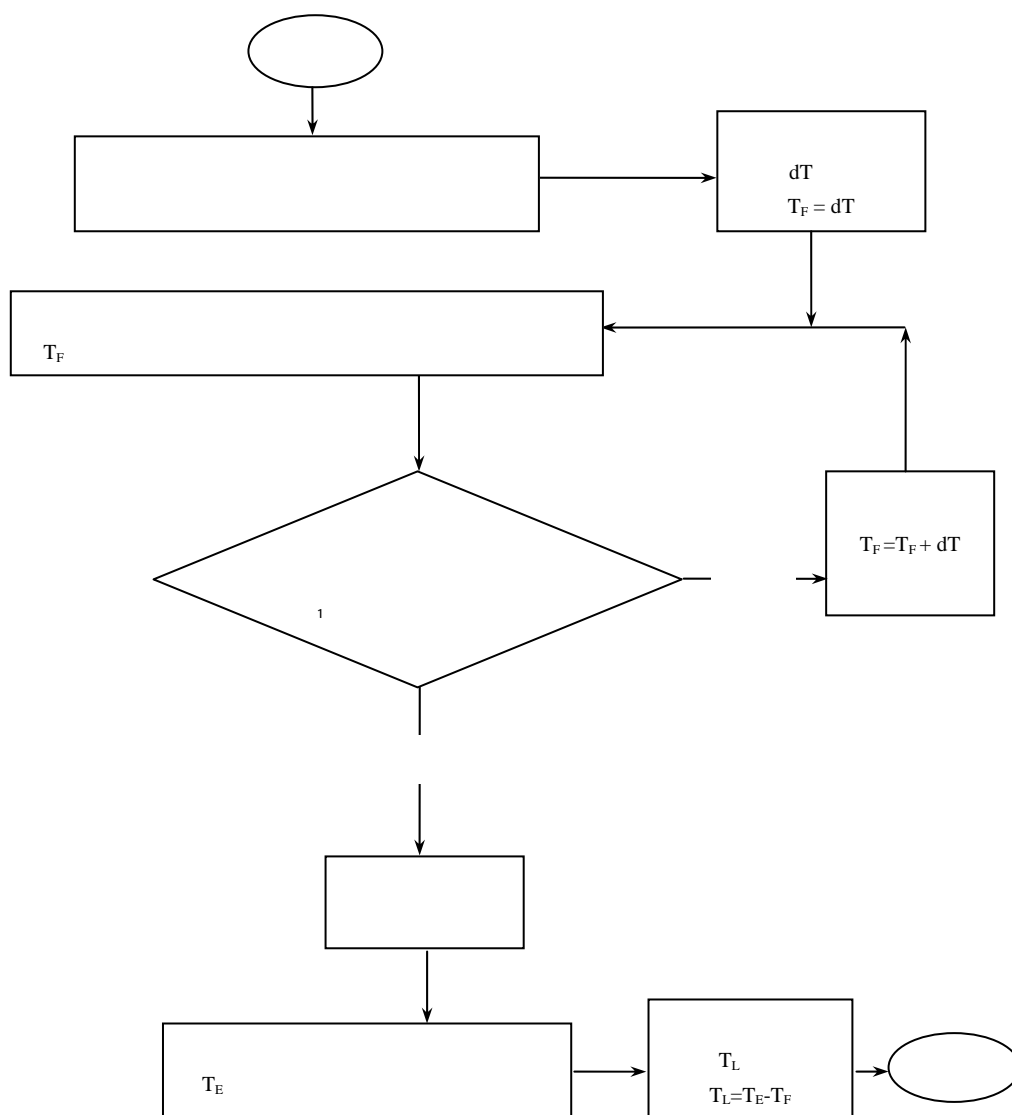
3 -Univariate Gradient

3- Flood warning system

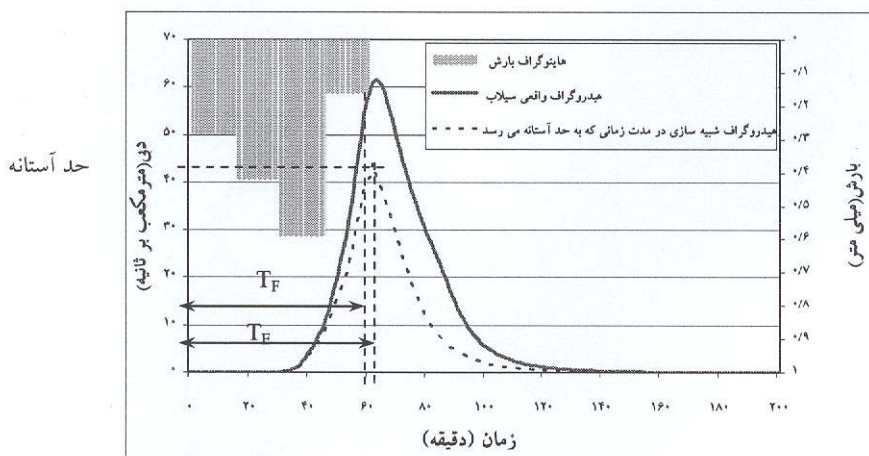
4- Time of forecast(TF)

5-Time of Exceedence(TE)

6- Forecast Lead Time



شکل ۲- فلوجارت محاسبه زمان پیش هشدار



شکل ۳- اجزای محاسبه زمان پیش هشدار

نتایج و بحث

۱- واسنجی و صحت یابی مدل

بررسی شماره منحنی زیر حوضه‌ها پس از واسنجی نشان می‌دهد که شماره منحنی زیرحوضه‌های حوضه مورد مطالعه قبل از انجام عملیات آبخیزداری بین ۸۰/۲۱ و ۸۸/۸۷ بوده و به محدوده ۸۰/۱۶ تا ۸۸/۱۹ پس از انجام عملیات آبخیزداری تغییر یافته است (جدول ۵). علت این امر را می‌توان ناشی از بهبود کاربری حوضه در شرایط بعد از انجام

عملیات آبخیزداری دانست. تغییر شماره منحنی متوسط وزنی در اثر عملیات آبخیزداری کل حوضه کمتر از یک بوده است. بیشترین کاهش شماره منحنی مقدار ۷/۷ بوده که مربوط به زیرحوضه شماره ۱۸ می‌باشد که علت آن بهبود کاربری و افزایش مراتع در این زیرحوضه است. بیشترین افزایش شماره منحنی در زیرحوضه شماره ۱۴ به مقدار ۶/۹۵ می‌باشد و علت آن توسعه مناطق شهری در این زیرحوضه است.

جدول ۵- مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط شماره منحنی در شرایط قبل و بعد از انجام عملیات آبخیزداری

تغییرات شماره منحنی	بعد از انجام عملیات آبخیزداری	قبل از انجام عملیات آبخیزداری	شماره منحنی
-۷/۷۰	۸۰/۱۶	۸۰/۲۰	حداقل
۶/۹۵	۸۸/۱۹۳۶	۸۸/۸۷	حداکثر
-۰/۸	۸۵/۴۸	۸۶/۲۸	متوسط وزنی

۷۷/۱/۹ انجام شد. از آن جایی که مدل شبیه سازی عملاً با تغییر متغیر واسنجی یعنی شماره منحنی حداکثر تطبیق را بر مبنای حداقل نمودن خطای محاسبه بده اوج محاسباتی تعیین نموده است، لذا عملاً "بده اوج هیدروگراف مشاهداتی مشابه هیدروگراف شبیه سازی شده گردیده است.

۱-۱- واسنجی و صحت یابی مدل در شرایط قبل از آبخیزداری

واسنجی و صحت یابی مدل همان طور که قبلاً نیز اشاره گردید، برای شرایط قبل از انجام عملیات آبخیزداری به ترتیب با استفاده از رگبار و هیدروگراف مورخ ۷۵/۱/۱۵ و

۲- نتایج زمان پیش هشدار

پس از واسنجی و صحت‌یابی مدل، شبیه‌سازی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف انجام یافت و مدت زمان هشدار سیل محاسبه گردید. اشکال ۴ و ۵ هیدروگراف سیلاب‌های شبیه سازی شده در دوره بازگشت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۱۰۰۰، ۱۰۰۰۰ سال را در شرایط قبل و بعد از انجام عملیات آبخیزداری ارائه می‌کنند. این شکل‌ها نشان می‌دهند که بده اوج سیلاب ۱۰۰۰۰ ساله از $297/05 \text{ m}^3/\text{s}$ در شرایط قبل از انجام عملیات آبخیزداری به $277/69 \text{ m}^3/\text{s}$ در شرایط بعد از انجام عملیات آبخیزداری کاهش یافته است. همچنین بده اوج سیلاب ۵۰ ساله از $63/54 \text{ m}^3/\text{s}$ در شرایط قبل از عملیات آبخیزداری به $54/35 \text{ m}^3/\text{s}$ در شرایط بعد از عملیات آبخیزداری کاهش یافته است. بنابراین نتایج نشان می‌دهد که انجام عملیات آبخیزداری منجر به کاهش بده اوج سیلاب در کلیه دوره بازگشت‌ها شده است. در شکل ۶ تغییرات زمان پیش هشدار سیلاب برای شرایط قبل و بعد از انجام عملیات آبخیزداری در دوره بازگشت‌های مختلف نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که با افزایش دوره بازگشت مدت زمان هشدار سیل کاهش می‌یابد تا این که به کمترین مقدار برای سیلاب ۱۰۰۰۰ ساله می‌رسد. این در حالی است که مدت زمان هشدار سیل برای شرایط قبل از انجام عملیات آبخیزداری کوتاه‌تر از زمان پیش هشدار سیلاب برای شرایط بعد از انجام عملیات آبخیزداری می‌باشد. شکل ۶ نشان می‌دهد که انجام عملیات آبخیزداری موجب گردیده است که زمان پیش هشدار سیلاب ۵۰ ساله از ۱۱ دقیقه به ۱۵ دقیقه (۲۶٪) افزایش یابد. ولی با انجام عملیات آبخیزداری پیش هشدار سیلاب ۱۰۰۰۰ ساله ۷ دقیقه ثابت مانده است. لذا می‌توان نتیجه گرفت که انجام عملیات آبخیزداری منجر به طولانی شدن زمان هشدار سیل در دوره بازگشت‌های پایین گردیده است. ولی در سیلاب‌های با دوره بازگشت بالا (نظیر ۱۰۰۰۰ سال) عملیات آبخیزداری بر روی زمان پیش هشدار سیلاب موثر نبوده است.

در جدول ۶ اوج سیلاب مشاهداتی و واسنجی برای شرایط قبل از انجام عملیات آبخیزداری ارائه شده است. طبق این جدول نقطه اوج سیلاب واسنجی با خطای نسبی کمتر از ۱۱٪ انطباق خوبی را با مقدار مشاهداتی خود داشته است. نتایج صحت‌یابی مدل نیز نشان داد گرچه خطای نسبی در این حالت در حدود ۳٪ و بیشتر از خطای واسنجی است، لیکن این خطا ناچیز بوده و این امر نشان دهنده صحت‌یابی خوب مدل می‌باشد.

جدول ۶- اوج سیلاب واسنجی و صحت‌یابی در شرایط

قبل از انجام عملیات آبخیزداری

نوع داده ها	واسنجی	صحت یابی
مشاهداتی	۱۳/۶۵	۱۳/۳۱
محاسباتی	۱۳/۸	۱۳/۷

۱-۲- واسنجی و صحت‌یابی مدل در شرایط بعد از

آبخیزداری

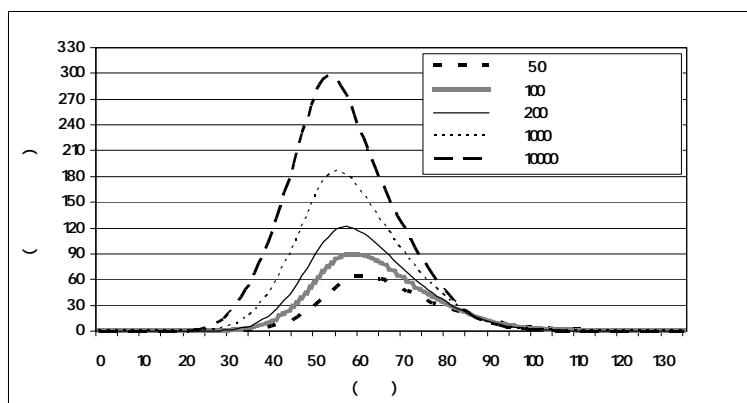
واسنجی و صحت‌یابی مدل همان‌طور که قبلاً نیز اشاره گردید برای شرایط قبل از انجام عملیات آبخیزداری به ترتیب با استفاده از رگبار و هیدروگراف مورخ ۸۰/۶/۲۷ و ۸۰/۱۲/۲۷ انجام گرفت.

در شرایط بعد از انجام عملیات آبخیزداری نیز همانند شرایط قبل از آبخیزداری اوج سیلاب انطباق خوبی را با داده‌های مشاهداتی داشته است (جدول ۷). به طوری که نقطه اوج سیلاب واسنجی با خطای نسبی کمتر از ۰/۰۵٪ انطباق خیلی خوبی را با داده‌های مشاهداتی داشته است. نتایج صحت‌یابی مدل نیز حاکی از دقت خوب مدل بود.

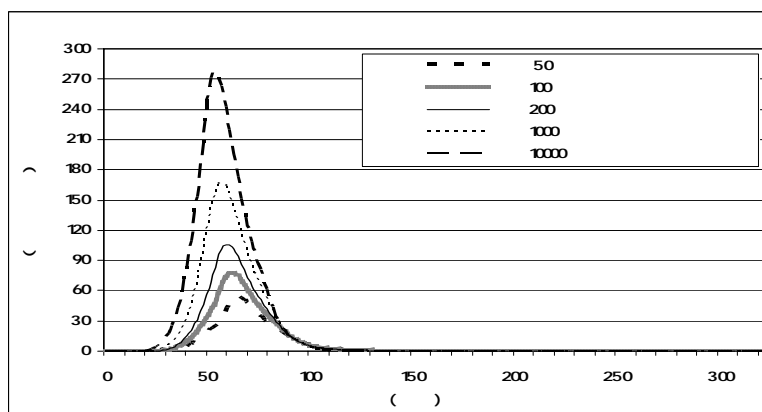
جدول ۷- اوج سیلاب واسنجی و صحت‌یابی در شرایط

بعد از انجام عملیات آبخیزداری

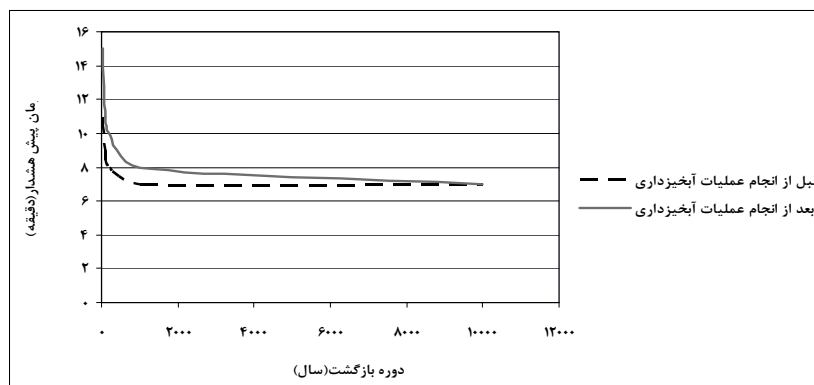
نوع داده ها	واسنجی	صحت یابی
مشاهداتی	۴/۰۵۸	۲/۳۷۸
محاسباتی	۴/۰۶	۲/۱



شکل ۴- هیدروگراف سیلاب با دوره بازگشت های مختلف قبل از عملیات آبخیزداری



شکل ۵- هیدروگراف سیلاب با دوره بازگشت های مختلف بعد از عملیات آبخیزداری



شکل ۶- نمودار تغییرات زمان پیش هشدار در دوره بازگشت های مختلف

نتیجه گیری

انجام عملیات آبخیزداری در حوضه گلابدره- دربند برآورد و مورد بررسی قرار گرفت. بررسی تغییرات زمان های پیش هشدار

در مقاله حاضر نتایج پژوهشی ارایه شده است که با استفاده از مدل شبیه سازی هیدرولوژی HEC-HMS و روش ارایه شده، زمان پیش هشدار سیلاب در شرایط قبل و بعد از

- 3- Giorgio Camorani, Attilio Castellarin, Armando Brath.(2005). Effects of land use changes on the hydrologic response of reclamation systems. *Physics and chemistry of the Earth* 30, 561-574.
- 4- Ad De Roo, Guido Schumk, Vanda perdigao, Jutta Thielen. (2003) the influence of historic land use changes and future planned land use scenarios of floods in the order cathment physics and chemistry of the Earth 28. 1291-1300.
- 5- De Too, A.p., J.(1999). LISFLOOD: a rainfall runoff model for large river basinis to assess the influence of land use changes on flood risk. In: Balabanis, P., et al.(Eds), Ribamod: River Basin J. River Basin Management.
- 6- Kafle T.P. Hazarika M.K., Karki S., shrestha T.M., Sharma R. and samarakoon 1.(2007): Basin scale rainfall-runoff modeling for flood forecastes proceeding of the 5th Annual Mekong flood forum, Hochi Minh city Vietnam, 17-18 May, pp 245-253.

- ۷- رادمنش، فریدون، جهانگیر پرهت، عبدالکریم بهنیا و علی محمد آخوند علی، (۱۳۸۵)، واسنجی و ارزیابی مدل HEC-HMS در حوضه آبریز رودزرد، هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه در دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۸- آذری، محمود، سید حمیدرضا صادقی و عبدالرسول تلوری، (۱۳۸۵)، تلفیق مدل های HEC-HMS و HEC- RAS در GIS به منظور شبیه سازی سیلاب، اولین همایش ملی مهندسی مسیل ها (کال ها) در مشهد.
- ۹- علمی، طاهر، (۱۳۸۵)، پایان نامه کارشناسی ارشد تحت عنوان بررسی و ارایه روش بهینه برای الویت بندی احداث سدهای تاخیری، دانشگاه تهران.
- ۱۰- بنی حبیب، محمد ابراهیم و عربی، آذر، (۱۳۸۶) ارزیابی مدل HEC-HMS در تعیین زمان پیش

سیلاب یاد شده مدل HEC-HMS در شرایط قبل و بعد از عملیات آبخیزداری نشان می دهد که:

- انجام عملیات آبخیزداری در حوضه گلابدره- دربند منجر به کاهش اوج سیلاب شده است.
- انجام عملیات آبخیزداری در حوضه گلابدره- دربند منجر به طولانی شدن زمان هشدار سیل در سیلاب های با دوره بازگشت پایین گردیده است. به طوری که مقدار آن برای سیلاب ۵۰ ساله از ۱۱ دقیقه به ۱۵ دقیقه (در حدود ۲۶٪) افزایش یافته است.
- انجام عملیات آبخیزداری در حوضه یاد شده در زمان پیش هشدار سیلاب های با دوره بازگشت بالا نظیر ۱۰۰۰۰ سال تغییری ایجاد نمی نماید.

سپاس گذاری

مقاله حاضر با استفاده از اعتبار تحقیقاتی مصوب دانشگاه تهران - پردیس ابوریحان تهیه شده است. نویسندگان مقاله از دانشگاه تهران و معاونت پژوهشی آن و مدیریت پردیس ابوریحان تشکر می نمایند.

منابع

- 1- Ivan Andjekovic, Paris, (2001), Guidelines on Non-Structural Measures in Urvan Flood Management, Unesco, Technical documents in Hydrology No,50.
- 2- Vieux, B.E., and F.G. Moreda.(2002). Ordered Physics-Based Parameter Adjustment of a Distributed Model. Chapter 20 of Advances in Calibration of Watershed Models. Edited by Q. Duam, S., Sorooshian, H.V. Gu)ta, A.N. Roussean. R. Turocotte, Monograph Series on water Resources, Trans. Amer. Geophys. Union, ISBN 355-87590-0-X, pp.281-267.

۱۲- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، (۱۳۸۴)،
 راهنمای پهنه بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم
 رودخانه دفتر تدوین ضوابط و معیارها، نشریه شماره
 ۳۰۷.

13- Nathen Pinggen, P., E., M; Christy Jons,
 EIT, A.M. and David Ford, P.E., M.,
 (2005). Estimating Forecast Lead time,
 natural hazard review, ASCE.

هشدار حوضه گلابدره -در بند، چهارمین همایش
 ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران- مدیریت
 حوزه آبخیز.

۱۱- رضیئی، ط. (۱۳۷۹) تعیین الگوی توزیع زمانی و
 مکانی بارش‌های کوتاه مدت در استان تهران، پایان
 نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.