نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۴، ص. ۱۰۹۴-۱۰۸۶

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 5, Nov.-Dec. 2015, p. 1086-1094

# بهینه‌سازی سامانه ترکیبی زهکش روباز و مخازن تأخیری

محمد ابراهیم بنی‌حبیب[1*] – سمیه میرمومن[2] – معصومه عیوضی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۱۲

## چکیده

هدف این تحقیق توسعه مدل بهینه‌سازی برای یک سامانه ترکیبی زهکش روباز و مخازن تأخیری و تحلیل حساسیت ابعاد بهینه آن به عوامل شبیه‌سازی هیدروژیکی می‌باشد. به‌منظور شبیه‌سازی جریان سیلاب حوضه‌های بالادست و رواناب سامانه زهکش روباز اراضی کشاورزی، از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS استفاده شده و مدل بهینه‌سازی برای تعیین ابعاد بهینه سامانه ترکیبی زهکش روباز و مخازن تأخیری تدوین شده است. بعد از تعیین ابعاد بهینه سامانه ترکیبی زهکش روباز و مخازن تأخیری، تحلیل حساسیت بر روی ابعاد بهینه سامانه ترکیب نسبت به عوامل شبیه‌سازی سیلاب نظیر مقدار بارش، زمان تأخیر و شمارهٔ منحنی حوضه‌ها انجام گرفته شد. نتایج تحقیق نشان داد که مهم‌ترین عامل مؤثر در تعیین ابعاد بهینه سدهای تأخیری و کانال زهکش و هزینه‌های آن‌ها، شماره منحنی (CN) بوده است به‌طوری‌که با ۱۰ درصد خطا در محاسبه شماره منحنی به ترتیب خطایی به میزان ۲۱، ۲۵ و ۲۴ درصد را در ارتفاع بهینه سدها، عمق بهینه زهکش‌ها و هزینه‌ی کمینه موجب می‌گردد. همچنین خطای ناشی از محاسبه بارش در مراتبی کمتر از شماره منحنی (CN)، بر روی ابعاد بهینه و هزینه‌های طرح اثرگذار است که تغییر ۱۰ درصدی در عمق بارش به ترتیب موجب ۷، ۸ و ۱۰ درصد خطا در برآورد ارتفاع بهینه سدها، عمق بهینه زهکش و هزینه کل می‌شود. زمان تأخیر زیرحوضه‌ها نیز در این تحقیق، عامل کم اهمیتی در محاسبه ابعاد بهینه شناخته شد. تغییرات ۱۰ درصدی آن به‌طور متوسط موجب ۲/۵ درصد خطا در محاسبه ابعاد و هزینه‌ها می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** ارتفاع بهینه سد، بهینه سازی، عمق بهینه زهکش، مدل هیدرولوژیکی

## مقدمه

شاید در نگاه نخست، ابعاد حوادثی از قبیل زلزله و یا آتشفشان، وسیع‌تر از حوادث دیگر طبیعی به نظر آید ولی آمارها حاکی از آن است که سیلاب چه از نظر تلفات جانی و چه از نظر تلفات مالی مقام اول را در میان حوادث دیگر داراست (۱). این بلای طبیعی تقریبا گریبان گیر اکثر کشورها بوده است و هر کشور بسته به سیاست‌های اعمال شده توسط دولت‌ها، نحوه برخورد با این بلای طبیعی متفاوت بوده است. اقلیم مدیترانه‌ای و تراکم زمانی و مکانی بارش‌ها در اکثر حوضه‌های آبریز ایران سبب شده که سیلاب‌های عظیمی در این حوزه‌ها به وقوع پیوسته و خسارات فراوان جانی و مالی ببار آید. از مخارن تأخیری[4] به‌عنوان یکی از روش‌های مهار سیلاب و ایجاد تأخیر و تعویق در جریان سیلابی می‌توان استفاده کرد. مهار سیلاب با استفاده از مخازن تأخیری تأثیری مستقیم و سریع بر روی سیلاب می‌گذارد. چنانچه توپوگرافی امکان ایجاد مخزن تأخیری با حجم مناسب را بدهد و منابع قرضه در فاصله کمی از محل پروژه موجود باشد، به علت تأثیر سریع‌تر آن در مقایسه با روش‌های آبخیزداری بر تسکین سیلاب، می‌توان مورد استفاده قرار گیرد (۳).

کاراپسامی و همکاران (۴) به بررسی اثرات مخازن تأخیری کوچک در مناطق خطرخیز سیلابی در لنکسا[5] پرداختند. آن‌ها در تحقیق خود از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS به‌منظور شبیه‌سازی سیلاب و تخمین میزان اوج سیلاب و از مدل هیدرولیکی HEC-RAS جهت برآورد تراز سطح آب استفاده کردند. همچنین چینگ-نوچن و همکاران (۲)، تأثیر مخازن تأخیری را بر روی دبی کانال‌های پایین دست با ارتباط دادن یک مدل روندیابی سیلاب با یک مدل فیزیوگرافی بررسی کردند. آن‌ها در سطح حوضه، پارامترهای فیزیوگرافی و هیدرولوژی را با استفاده از نرم افزار ArcGIS[6] آنالیز کرده و با بررسی سیلاب‌های با دوره بازگشت ۲ و ۱۰ و ۵۰ ساله برای سازه‌های مختلف شامل مخازن تأخیری، مخازن ذخیره، حوضچه‌های نفوذ و دیگر سازه‌ها دریافتند که مخازن تأخیری به‌طور

۱و۲ – دانشیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان
(*– نویسنده مسئول: Email: babihabib@ut.ac.ir )
۳– دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

4- Detention Basin

5- Lenexa

6- Geography Information System

محسوسی می‌توانند دبی پایه سیلاب و دبی اوج جریان را در کانال‌های پایین‌دست کاهش دهند و دبی اوج را به تأخیر بیندازند (۲). وانگ و یو (۸) به بررسی مخازن تأخیری در حوضه آبریز وایت اکبایو در تکزاس پرداختند. آن‌ها منحنی حجمی را که از سنجش‌های حجمی به دست آمده بود را در یک مدل روندیابی مخازن تأخیری اصلاح شده استفاده نمودند. شبیه‌سازی سیلاب نشان داد که مخازن تأخیری باعث کاهش و به تأخیر افتادن دبی اوج جریان با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله می‌شود. همچنین تحلیل حساسیت بر روی پارامترها نشان داد که در طراحی مخازن تأخیری بیشتر به زبری کانال‌های رودخانه و ارتفاع سرریز باید توجه شود.

از دیگر روش‌های سازه‌ای که ارائه شده است، استفاده از زهکش‌های روباز می‌باشد. وظیفه زهکش‌های روباز کاهش میزان جریان آب در پایین‌دست می‌باشد. لان و میلیج (۶) مدلی را برای بررسی و ارزیابی تاثیر کانال‌های کوچک در برابر هیدروگراف جریان ارائه کردند. آن‌ها به‌منظور بررسی مدل مورد نظر خود، مدل‌شان را در دو منطقه با کانال‌های زهکش و بدون زهکش اجرا و نتایج را مقایسه نمودند. نتایج نشان داد که با وجود دقیق نبودن پارامترها، دبی اوج جریان و جریان پایه در منطقه با زهکش‌های روباز کاهش یافته است. اما با توجه به دبی بالای سیل در مناطق کوهپایه‌ای و نیاز به کانال‌های زهکش بزرگ، کشاورزان مجبورند برای جلوگیری از کاهش سطح اراضی کشاورزی، کانال‌های زهکش را کوچک‌تر احداث کرده و هر چند سال یکبار خسارات ناشی از سیل را بپذیرند. به‌منظور کاهش این مشکل، می‌توان از سامانه ترکیبی مخازن تأخیری و زهکش‌های روباز در مناطق کوهپایه‌ای استفاده کرد.

بررسی تحقیقات و مقالات پیشین نشان می‌دهد که احداث این سازه‌ها تأثیر زیادی بر روی مهار سیلاب و کاهش خسارات خواهد داشت. اما با توجه به بودجه محدود که جهت احداث این سازه‌ها اختصاص داده می‌شود، بحث استفاده بهینه ابعاد و هزینه‌های احداث سد و زهکش‌های پایین‌دست مطرح می‌شود.

در محدوده مورد مطالعه (طرح آبیاری و زهکشی ابوالعباس شهرستان بهبهان) هم مانند سایر مناطق کشور، زمین‌های بسیار حاصلخیزی وجود دارد که از نظر کشاورزی و اقتصادی اراضی با ارزشی محسوب می‌شوند، بنابراین هدف از انجام این تحقیق این است که علاوه بر ارائه مدل بهینه‌سازی سامانه ترکیبی مخازن تأخیری و زهکش‌های روباز در مناطق کوهپایه‌ای، عوامل شبیه‌سازی هیدرولوژی مؤثر بر روی ابعاد بهینه سامانه ترکیبی تحلیل حساسیت شده و عوامل مؤثر در مدل بهینه‌سازی مشخص شود.

## مواد و روش‌ها

### محدوده مورد مطالعه

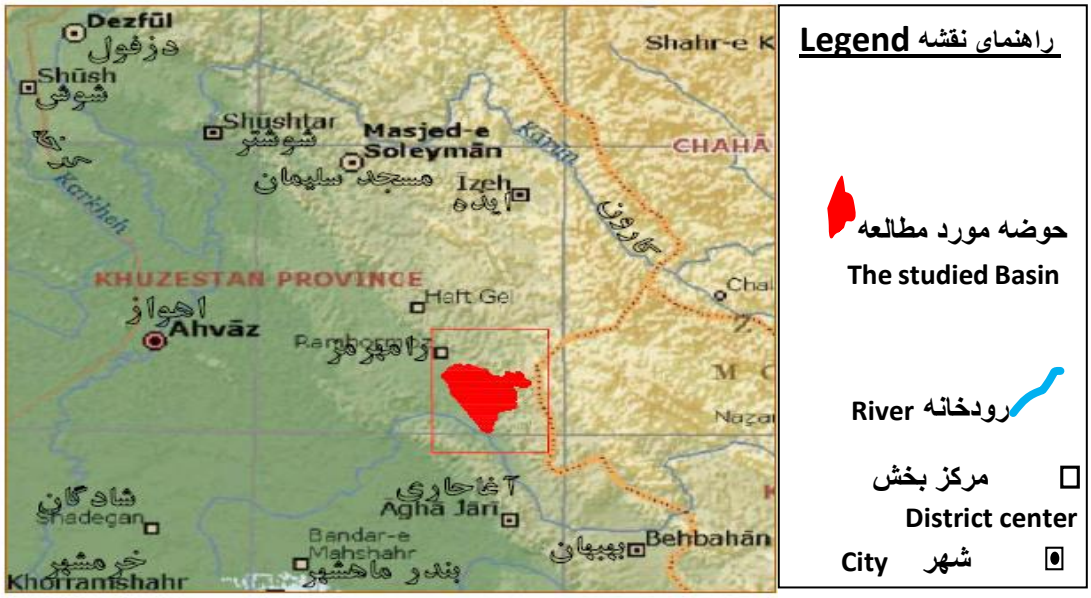
محدودهٔ مورد بررسی با مساحتی بالغ بر ۱۹۴ کیلومتر مربع در استان خوزستان و در شرق شهرستان رامهرمز واقع می‌باشد. این حوضه با ارتفاع متوسط ۴۱۶ متر در محدوده جغرافیایی ″۳۷ ′۳۸ °۴۹ تا ″۲۵ ′۴۵ °۴۹ طول شرقی و ″۱۷ ′۰۱ °۳۱ تا ″۰۸ ′۰۸ °۳۱ عرض شمالی واقع شده است. این حوضه آبریز بخشی از حوضه رودخانه مارون بوده و رودخانه ابوالفارس در شرق رودخانه الله در شمال آن جریان دارد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. متوسط بارندگی سالیانه در حوضه مورد مطالعه، حدود ۵۱۵ میلی‌متر می‌باشد. این حوضه دارای رژیم بارندگی مدیترانه‌ای بوده و از یک فصل خشک برخوردار می‌باشد که از ابتدای خرداد ماه آغاز و تا پایان شهریورماه ادامه می‌یابد. پرباران‌ترین ماه‌های سال آذر و دیماه، می‌باشند.

### تعیین ساختگاه‌های سدهای قابل احداث

به‌منظور تعیین ساختگاه‌های سدهای تأخیری قابل احداث، نقشه حوضه مورد مطالعه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ در نرم افزار AutoCAD بررسی و با توجه به ضوابط اولیه تعیین محل ساختگاه سدهای تأخیری که شامل دهانه باریک و حجم ذخیره مخزن آن‌ها می‌باشد، کلیه نقاطی که دارای این شرایط بودند بررسی و انتخاب شدند. از آنجا که تعداد ساختگاه‌های انتخاب شده زیاد می‌باشد، به‌منظور گزینش نهایی اولویت‌های زیر درنظر گرفته شد.

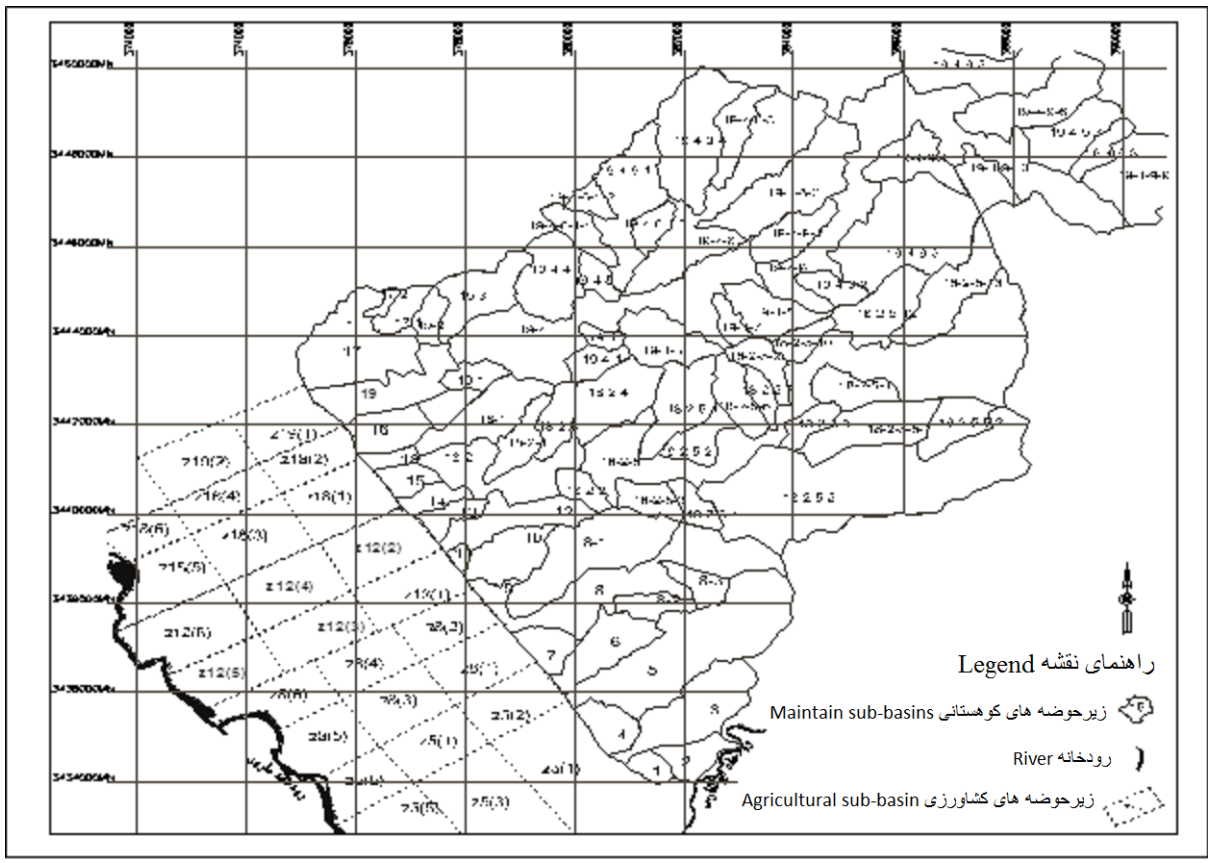
- ساختگاه‌هایی که بر روی آبراهه‌های اصلی‌تر وجود داشت مورد بررسی قرار گرفت.
- مخازنی که درست در بالادست بازه مورد حفاظت واقع می‌شدند و در واقع بر روی خط تراز نزدیک‌تر به حوضه بودند انتخاب شدند.
- تلاش شد که حتما مخازنی بر روی آبراهه اصلی حوضه‌های بزرگ‌تر که آورد سالیانه بیشتری دارند در نظر گرفته شود.
- با توجه به تعداد خطوط ترازی که هر ساختگاه سد بر روی نقشه قطع می‌نماید، نسبت حجم آب قابل ذخیره پشت دیواره سد به حجم بدنه برای دو حالت دره U شکل و دره V شکل به دست آمد.

بعد از تعیین طرح جانمایی اولیه سدها، بر اساس نسبت حجم مخزن به حجم بدنه سد مخازن هر زیر حوضه، مکان‌های نهایی بر اساس مقادیر این نسبت‌ها انتخاب شدند. همچنین طرح جانمایی زهکش‌های اصلی که وظیفه جمع‌آوری و انتقال سیلاب خروجی و مخزن بالادست خود و رواناب زمین‌های کشاورزی شبکه آبیاری و زهکشی پایین‌دست را دارد با توجه به شیب منطقه و آبراهه‌های طبیعی موجود، تهیه شد. شکل ۲ نقشه سامانه ترکیبی مخازن و زهکش‌های روباز را نشان می‌دهد.




**شکل ۱ - موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه**

**Figure 1- The study area map**




**شکل ۲- نقشه سامانه ترکیبی مخازن تأخیری و زهکش‌های روباز در منطقه مورد مطالعه**

**Figure 2- The map of combined system of open drainage and detention basins in study area**

**روش شبیه‌سازی هیدرولوژی**

در این مرحله به‌منظور شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی حوضه آبریز در بالادست و تحلیل رفتار سیلاب و نحوه گسترش آن در دشت سیلابی در بازه خطرپذیر، از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS که نسخه توسعه یافته HEC-1 تحت ویندوز می‌باشد، استفاده شد. این مدل اولین بار توسط گروه مهندسین ارتش آمریکا در سال ۱۹۸۱ برای شبیه‌سازی واکنش رواناب سطحی یک حوضه آبریز نسبت به بارندگی‌های معین، طراحی شده و قادر به نمایش حوضه آبریز به‌عنوان یک سیستم به هم پیوسته با مؤلفه‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی می‌باشد. هر مؤلفه مدل، یک جنبه از فرآیند بارش–رواناب را داخل بخشی از حوضه که معمولا به‌عنوان زیر حوضه در نظر گرفته می‌شود، شبیه‌سازی می‌کند. به عبارت دیگر مؤلفه‌های مختلفی برای شبیه‌سازی سیستم فیزیکی حوضه ترکیب می‌شوند و هر مؤلفه قسمتی از محاسبات را برای یک هیدروگراف کامل انجام می‌دهد (۷).

حوضه مورد مطالعه برحسب موقعیت منطقه، توپوگرافی و آبراهه‌ها به ۱۹ زیرحوضه تقسیم شد که بعضی از زیر حوضه‌ها به علت بزرگی به زیرحوضه‌های کوچک‌تر تقسیم گردیده است. همچنین حوضه‌های کشاورزی پایین‌دست نیز با توجه به شیب و مسائل زهکشی به ۲۷ زیر حوضه تقسیم شده‌اند.

در مدلHEC-HMS برای تبدیل بارش به سیلاب در سطح حوضه‌ها روش‌های مختلفی وجود دارد. برای محاسبه تلفات حوضه آبخیز روش‌های ممکن شامل مقدار ثابت، مدلSMA، مدول شبکه-بندی شده SMA، روش SCS، روش شبکه‌بندی شده SCS، روش گرین امپت و روش تلفات صفر می‌باشد که با توجه به اطلاعات موجود منطقه، برای محاسبه تلفات حوضه از روش SCS و برای تبدیل رواناب به هیدروگراف، از روش SCS استفاده شده است (۵).

همچنین مدلHEC-HMS برای روندیابی سیل دراین قسمت از روش‌هایی چون ماسکینگام کونج استاندارد، زمان تأخیر، ماسکینگام، پالس اصلاح شده، ماسکینگام کونج هشت نقطه‌ای و موج سینماتیک استفاده می‌کند، که با توجه به دقت روش ماسکینگام کونج، دراین تحقیق از این روش استفاده شده است (۵). اراضی کشاورزی پایین دست که رواناب آنها در نقاط مختلف به زهکش اصلی می‌ریزند نیز با استفاده از مدل یادشده شبیه‌سازی شدند. بنابراین برای هر زهکش اصلی همراه با دو مخزن بالادست آن و حوضه‌های کشاورزی پایین دست، یک مدل شبیه سازی تهیه و به ازای ابعاد مختلف خروجی‌های تحتانی مخازن تأخیری اجرا شده و ارتفاع سدها، دبی خروجی از آنها و دبی زهکش‌ها به دست آمد. سپس براساس دبی‌های شبیه‌سازی شده، زهکش‌ها بر اساس حداکثر سرعت مجاز طراحی گردیده و با به دست آمدن ابعاد زهکش‌ها، هزینه آنها شامل احجام خاکبرداری و سطح رگلاژ، هزینه احداث جاده سرویس‌ها و زمین اشغال شده محاسبه شد. هزینه احداث سدها نیز با استفاده از ارتفاع سدهای یاد شده به دست آمد، سپس مجموع هزینه سدها و زهکش اصلی پایین دست بر اساس فهرست بهای آبیاری و زهکشی محاسبه شد.

**مدل بهینه‌سازی**

در مدل بهینه سازی حاضر، تابع هدف هزینه کل سامانه ترکیبی سدها و زهکش‌های روباز بوده که این تابع به ازای قطر خروجی تحتانی کمینه گردیده است. سایر عوامل نظیر ارتفاع سد و ابعاد زهکش بر اساس مدل شبیه‌سازی وابسته به قطر خروجی تحتانی سدها می‌باشد. شکل ۳ فلوچارت مراحل بهینه‌سازی را نشان می‌دهد. همانطور که این فلوچارت نشان می‌دهد مدل شبیه‌سازی HEC-HMS به عنوان بخشی از مدل بهینه‌سازی به کارگرفته شده و روش بهینه‌سازی، جستجوی فضای شبکه‌بندی شده تصمیم می‌باشد. قطرخروجی سدهای موجود در حوضه، متغیرهای تصمیم‌گیری مدل بهینه سازی می‌باشند. فضای تصمیم، براساس قطرهای خروجی‌ها شبکه‌بندی شده و مقدار تابع هدف در محدوده فضای امکان‌پذیر، کاوش گردیده است.

تابع هدف عبارت از هزینه کل اجرای طرح تلفیقی که شامل هزینه اصلاح زهکش‌ها ($C_{drain}$) و هزینه اجرای سد ها ($C_{dam}$) می‌باشد:

$$Cost = C_{dam} + C_{drain} \quad (۱)$$

قیود بهینه سازی عبارتند از:

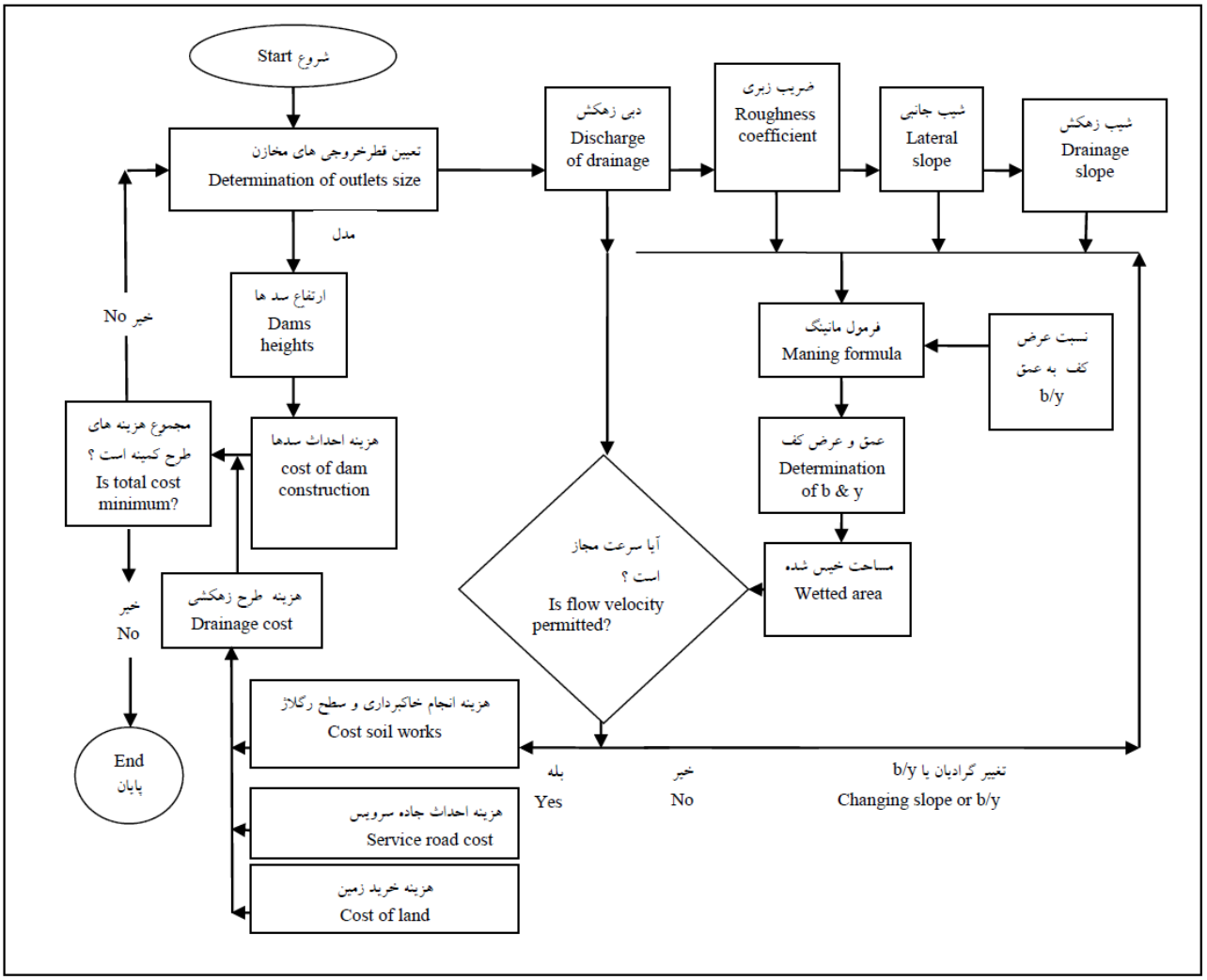
$$ds/dt = I - O_s \quad (۲)$$

$$O_s = C_0 A_0 \sqrt{2gH_0} + CLH_s^{3/2} \quad (۳)$$

$$S_d = KO_d + KX(O_s - O_d) \quad (۴)$$

$$O_d = (AR^{2/3}S_o^{1/2})/n \quad (۵)$$

در روابط فوق، $Cost$ هزینه کل سامانه تلفیقی، $C_{dam}$ هزینه احداث سدهای تأخیری، $C_{drain}$ هزینه اجرای زهکش (شامل احداث، خرید زمین و جاده دسترسی)، $S$ ذخیره مخازن تأخیری، $I$ جریان ورودی به مخزن سد، $O_s$ جریان خروجی سد تأخیری، $S_d$ ذخیره در طول زهکش، $O_d$ دبی خروجی زهکش، $H_0$ و $H_s$ عمق آب روی خروجی تحتانی و سرریز سد تأخیری، $C_0$ و $C$ ضریب خروجی تحتانی و سرریز سد تأخیری، $A_0$ مساحت خروجی تحتانی سد، $X$ و $K$ پارامترهای روندیابی به روش ماسکینگام، $A$ و $R$ به ترتیب سطح مقطع‌تر شده و شعاع هیدرولیکی کانال زهکش، $S_0$ شیب زهکش، $n$ ضریب مانینگ و $g$ شتاب ثقل می‌باشند. با استفاده از مدل بهینه‌سازی، هزینه کل حداقل گردیده و قطر خروجی‌های تحتانی مخازن بدست آمد و بر اساس مدل شبیه‌سازی ارتفاع سد و ابعاد زهکش متناظر با ابعاد خروجی سدهای یاد شده تعیین شد.




**شکل ۳- فلوچارت مراحل مدل بهینه سازی**

**Figure 3- flowchart of optimization steps**

### تحلیل حساسیت ابعاد بهینه سامانه ترکیبی

به طورکلی عوامل هیدرولوژیک موثر بر ابعاد بهینه به دو دسته عوامل اقلیمی و عوامل حوضه‌ای تقسیم می‌شود که هر یک به سهم خود تأثیر بسزایی در تشکیل سیلاب دارند. لذا نیاز است که محدوده تغییرات پارامترها بر اساس قضاوت مهندسی تعیین شود. در بین عوامل اقلیمی، مهمترین عامل که بر ابعاد و هزینه‌ها اثرگذار می‌باشد، بارش طرح می‌باشد. خصوصیات مؤثر بارش بر سیلاب و هزینه‌ها شامل نوع بارش، شدت، مدت، عمق، توزیع زمانی و مکانی بارش می‌باشد که در این تحقیق به بررسی اثر عمق بارش از بین عوامل یاد شده پرداخته شده و اثر تغییرات عمق در محدوده تغییرات ۵۰ $\pm$ درصد بر روی ابعاد بهینه و هزینه‌ها بررسی شد.

در این تحقیق از عوامل حوضه‌ای، زمان تأخیر و شماره منحنی (CN) برای تحلیل حساسیت‌ها استفاده شده و اثرتغییرات آنها به ترتیب در محدوده ۵۰ $\pm$ درصد بر روی هزینه‌ها، ابعاد بهینه و خصوصیات سیلاب بررسی شد. زمان تأخیر، اثر شیب آبراهه و اقدامات موجود در آنها و شماره منحنی، اثر عوامل موجود در سطح حوضه آبریز را بر روی شبیه‌سازی منعکس می نماید. برای بررسی اثر هر عامل (عمق بارش، شمارهٔ منحنی، زمان تأخیر) همه عوامل دیگر ثابت نگه داشته شد و تنها عامل مورد نظر با گام‌های ۱۰ درصد تغییر داده شد و ابعاد بهینه سامانه ترکیبی تعیین شد.

## نتایج و بحث

جدول ۱ میانگین درصد تغییرات ارتفاع بهینه سدها و زهکش‌ها برای زیرحوضه ها نسبت به درصد تغییرات بارش، شماره منحنی و

زمان تأخیر را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که منحنی بیشترین اثر را بر روی ابعاد بهینه دارد. در واقع با ۱۰ درصد تغییر در شماره منحنی به طور متوسط در زیرحوضه‌ها مورد بررسی، ۲۱ درصد تغییر در ارتفاع بهینه سدها و ۲۵ درصدتغییر در عمق بهینه زهکش‌ها به وجود می‌آید. در حالی که با ۱۰ درصد خطا در میزان بارش به ترتیب ۷ و ۸ درصد خطا در ارتفاع بهینه سدها و عمق بهینه زهکش‌ها به وجود آمده است. همچنین با ۲۰ درصد تغییر در شماره منحنی، تغییرات ارتفاع بهینه سدها و عمق بهینه زهکش‌ها به ترتیب به ۴۲ و ۴۶ درصد می رسد. ۵۰ درصد خطا در زمان تأخیر، تأثیری بسیار کمی در حد ۳ درصد بر روی هر ابعاد بهینه دارد.

تغییرات هزینه کل طرح بهینه (که مجموع هزینه های ساخت سد و شبکه زهکشی بوده و بر اساس فهرست بهای آبیاری و زهکشی برآورد شده است) در اثر تغییر بارش (P)، شماره منحنی (CN) و زمان تاخیر (Tlag) یکی از حوضه‌ها، برای نمونه در شکل ۴ ارائه شده است. بررسی جدول ۱ نشان می دهد که تغییرات CN که بیشترین اثر را بر روی ابعاد گذاشته و هزینه‌های طرح بهینه را نیز بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد. اما نکته مهم میزان این تأثیر می باشد. با بررسی شکل یاد شده مشاهده می‌شود که شماره منحنی تأثیر بسزایی بر روی هزینه‌ها دارد. به طوریکه ۱۰ و ۲۰ درصد خطا در شماره منحنی به طور متوسط در زیرحوضه‌ها مورد بررسی به ترتیب موجب ۲۴ و ۴۵ درصد خطا در هزینه‌ها می‌شود که میزان قابل توجهی است. همچنین با ۱۰ و ۲۰ درصد تغییر در میزان بارش به ترتیب خطایی برابر با ۱۰ و ۱۷ درصد خواهیم داشت. زمان تاخیر هم چون عامل موثری در تغییر ابعاد نبوده تغییرات آن حتی تا ۴۰ درصد نیز خطای موثری در هزینه ایجاد نکرده است. لذا می‌توان نتیجه‌گیری کلی کرد که در طرح بهینه اقتصادی سامانه ترکیبی مخازن تأخیری و زهکش‌ها برآورد دقیق CN و یا ضریب رواناب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و ۲/۵ برابر خطای برآورد CN بر روی هزینه‌های طرح منعکس می‌شود. در صورتیکه خطای موجود در برآورد زمان تمرکز اثر ناچیزی بر ابعاد طرح بهینه سامانه خواهد گذاشت. ۷۰ تا ۸۰ درصد خطای ناشی در برآورد بارش نیز به طور مستقیم بر روی هزینه‌ها منعکس می‌شود. بنابراین به ترتیب شماره منحنی و بارش، عوامل موثر شبیه‌سازی هیدرولوژی در تعیین ابعاد بهینه سامانه ترکیبی مخازن و زهکش‌ها می‌باشند.

## نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش با استفاده از مدل بهینه‌سازی ارائه شده، ابعاد بهینه طرح ترکیبی مخازن تاخیری با کانال‌های زهکش تعیین شده و سپس با تحلیل حساسیت ابعاد بهینه سامانه ترکیبی ذکر شده نسبت به پارامترهای شبیه سازی هیدرولوژی محاسبه گردیده شد که به عنوان نتیجه‌گیری می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

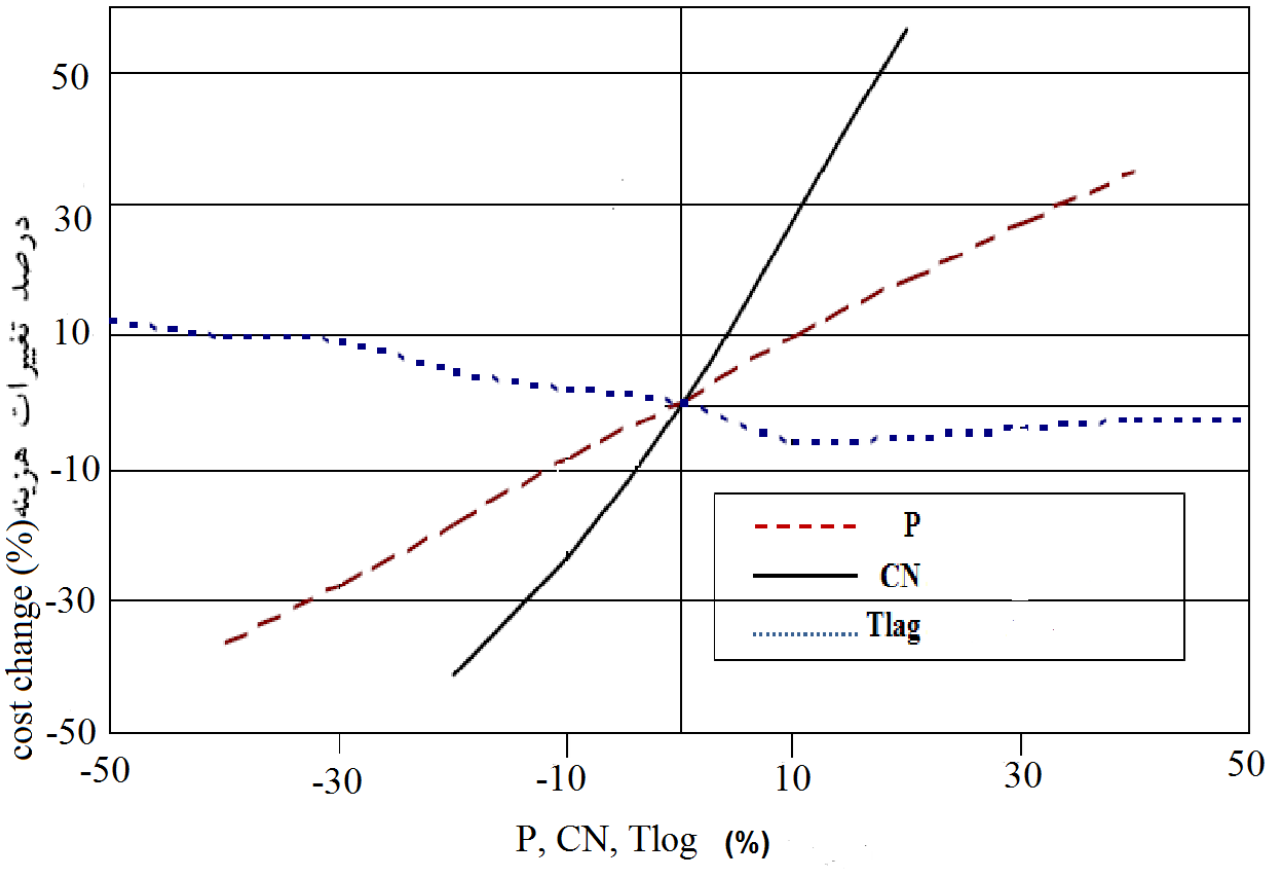
- شماره منحنی موثرترین عامل در محاسبه ابعاد بهینه و هزینه‌ها شناخته شد. با ۱۰ درصد خطا در محاسبه شماره منحنی به ترتیب خطایی به میزان ۲۱، ۲۵ و ۲۴ درصد در ارتفاع بهینه سدها، عمق بهینه زهکش‌ها و هزینه کمینه موجب می‌شود.
- خطای ناشی از محاسبه بارش در مراتبی کمتر از CN، مستقیما بر روی ابعاد بهینه و هزینه‌های طرح اثر گذار است. تغییر ۱۰ درصدی در عمق بارش به ترتیب موجب ۷، ۸ و ۱۰ درصد خطا در برآورد ارتفاع بهینه سدها، عمق بهینه زهکش و هزینه کل طرح می گردد.

زمان تاخیر در این تحقیق عامل مهمی در محاسبه ابعاد بهینه شناخته نشد. تغییرات ۱۰ درصدی آن به طور متوسط موجب ۲/۵ درصد خطا در محاسبه ابعاد و هزینه‌ها می شود.

**جدول ۱- میانگین درصد تغییرات ابعاد بهینه سدها و زهکش‌ها برای نسبت به درصد تغییرات $CN, P, T_{lag}$**

**Table 1- Average variation of optimal dimensions of dams and drainages for variation of CN, P, $T_{lag}$**

| میانگین تغییرات عمق بهینه زهکش(٪) Mean variation of the optimal depths of drainage (%) | | | میانگین تغییرات ارتفاع بهینه سدها(٪) Mean variation of the optimal hirght of dams (%) | | | $CN, P, T_{lag}$ (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $T_{lag}$ | P | CN | $T_{lag}$ | P | CN | |
| 16 | −17 | −47 | −2 | −17 | −37 | −20 |
| 1 | −7 | −29 | −3 | −7 | −22 | −10 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| −3 | 9 | 22 | 2 | 7 | 20 | 10 |
| −4 | 16 | 45 | −2 | 17 | 47 | 20 |
| 2 | 8 | 25 | 2 | 7 | 21 | میانگین تغییرات به ازای ٪۱۰ ± Mean variation for factors ± 10 change |
| 3 | 16 | 46 | 2 | 17 | 42 | میانگین تغییرات به ازای ٪۲۰ ± Mean variation for factors ± 20 change |




**شکل ۴- درصد تغییرات هزینه کل طرح بهینه در اثر تغییر $T_{lag}$، CN، P**

**Figure 4- Changing percentage of total cost by variation of $T_{lag}$ ،CN ،P**

## منابع


1- Azari H., Matkan A., Shakiba A., and Pourali H. 2009. Simulation and Flood Warning with Hydrology Models in GIS and Precipitation Estimation through Remote Sensing. Iranian Journal of Geology 9:51-39.

2- Garcia J. D. 1988. Basic criteria for sizing large Dam spillways. ICOLD, 16th congress, Q.63, R.65, 1106-1093, ICOLD, Paris.

3- Karupasamy E., Poster N., Pomeroy C.A., and Jacobs T.A. 2009. The impact of smaller detention basins on flood hazard areas in Lenexa, Kansas. World Environmental and Water Resources Congress 2009, 342: 4571-4580.

4- Lane S.N., and Milledge D.G. 2012. Impacts of upland open drains upon runoff generation: A numerical assessment of catchment-scale impacts. Hydrological Processes, 27:1701-1726.

5- Ojaghloo F. 2001. Study of hydraulic structures on the floods. Master thesis, College of Agriculture of Tehran University. Karaj, Iran.

6- USACE. 2000. Hydrologic Modeling System (HEC- HMS), Technical Reference Manual, California, USA.

7- Wang L. and Yu J. 2012. Modeling detention basins measured from high-resolution light detection and ranging data. Hydrological Processes, 26:2973-2984.

8- Yazdi, J. and Salehi Neyshabouri, S.A.A. 2012. Optimal design of flood-control multi-reservoir system on a watershed scale. Natural Hazards, 63: 629-646.

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 5, Nov.-Dec. 2015, p. 1086-1094

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۴، ص. ۱۰۹۴-۱۰۸۶

# Open Drainage and Detention Basin Combined System Optimization

**M. E. Banihabib[1*]– S. Mirmomen[2]– M. Eivazi[3]**

Received: 03-11-2013
Accepted: 29-08-2015

**Introduction:** Since flooding causes death and economic damages, then it is important and is one of the most complex and destructive natural disaster that endangers human lives and properties compared to any other natural disasters. This natural disaster almost hit most of countries and each country depending on its policy deals with it differently. Uneven intensity and temporal distribution of rainfall in various parts of Iran (which has arid and semiarid climate) causes flash floods and leads to too much economic damages. Detention basins can be used as one of the measures of flood control and it detains, delays and postpones the flood flow. It controls floods and affects the flood directly and rapidly by temporarily storing of water. If the land topography allows the possibility of making detention basin with an appropriate volume and quarries are near to the projects for construction of detention dam, it can be used, because of its faster effect comparing to the other watershed management measures. The open drains can be used alone or in combination with detention basin instead of detention basin solitarily. Since in the combined system of open and detention basin the dam height is increasing in contrast with increasing the open drainage capacity, optimization of the system is essential. Hence, the investigation of the sensitivity of optimized combined system (open drainage and detention basin) to the effective factors is also useful in appropriately design of the combined system.

**Materials and Methods:** This research aims to develop optimization model for a combined system of open drainage and detention basins in a mountainous area and analyze the sensitivity of optimized dimensions to the hydrological factors. To select the dam sites for detention basins, watershed map with scale of 1: 25000 is used. In AutoCAD environment, the location of the dam sites are assessed to find the proper site which contains enough storage volume of the detention basin and the narrower valley. After the initial selection of dam sites, based on the reservoir volume to construction volume ratio of each dam site, best sites were selected to have the higher ratio. The layout of the main drainage scheme that is responsible for collecting and transferring overland flows of farmlands and reservoir outflows was designed. In order to simulate the hydrological processes in upstream watershed and flood analysis, HEC-HMS model which is an extended version of HEC-1 was used as hydrologic model. The optimal combination of open drainages and detention basins was also developed. Watershed in terms of detention basin dams, topography and drainage were divided into 19 smaller sub-basins. The downstream agricultural basin due to the slope and drainage area was divided into 27 sub-basins. Regarding available information of the watershed, SCS method was used to calculate losses and to convert rainfall to runoff hydrograph. In this section Muskingum flood routing method was used considering its accuracy. In the present optimization model, the total cost of the combined system of dams and open drains used as the objective function. It is function bottom outlet diameter which is minimized by using optimization model. Other factors of the simulation model such as dam height and drainage dimensions were defined as function of the diameter of the bottom outlet of dams. After determining the optimal dimensions of the combined system of open drainage and detention basins, a sensitivity analysis was performed on hydrological factors.

**Results and Discussion**: After optimization of the dimensions of open drainage and detention basin integrated-system, sensitivity analysis was carried out on the dimensions of system for variation of flood simulation parameters such as rainfall, curve number and lag time. The error of estimated rainfall effected far less than the curve number (CN) on the optimum dimensions and cost. 10% variation of the rainfall depth caused respectively, 7%, 8% and 10% error in optimum dam height, drainage optimal depth and total cost. Lag time was identified less important effect in the determination of optimal dimensions. As its 10% changing produced 10% error in optimal dimensions costs.

**Conclusions:** The research results showed that curve number is the most important factor in determining the optimal size and cost. As with 10% error in the estimation of curve number caused error rates of 21%, 25% and

1,2- Associate Professor and M.Sc. Graduated, Department of Irrigation and Drainage Engineering, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht
(* - Corresponding Author Email: babihabib@ut.ac.ir)
3- M.Sc. Graduated, Department of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

24% of the optimal dam height, the optimal depth of the drain and minimized costs, respectively.

**Keywords:** Hydrological model, Optimal depth of drainages, Optimal height of dams, Optimization