

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشکده عمران و معماری

گروه مهندسی عمران - گرایش سازه های هیدروليکی

ارزیابی اثر ساخت چک دم در کنترل سیل و کاهش خسارات آن بامدلسازی هیدروليکی و

هیدرولوژیکی چک دمها - مطالعه موردی حوضه کن - تهران

دانشجو : نرجس سالاریان

استاد راهنمای اول :

دکتر احمد احمدی

استاد راهنمای دوم :

دکتر سعید گلیان

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۰



دانشکده عمران و معماری

گروه مهندسی عمران- گرایش سازه های هیدرولیکی

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم نرجس سالاریان

تحت عنوان :

ارزیابی اثر ساخت چک دم در کنترل سیل و کاهش خسارات آن بامدلسازی هیدرولیکی و

هیدرولوژیکی چکد مها - مطالعه موردی حوضه کن - تهران

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد

مورد ارزیابی و با درجه مورد پذیرش قرار گرفت .

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
			دکتر احمد احمدی
			دکتر سعید گلپان

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور

تقدیم اثر

تقدیم به پدر و مادر مهربانم

همسر عزیزم و فرزند دلبندم عرفان

به پاس تمام محبت‌ها و فداکاری‌هایشان...

تشکر و قدردانی

این تحقیق مرهون زحمات و راهنمایی های بی دریغ استادان عزیزم در دانشگاه صنعتی شاهرود میباشد و از حمایت های ایشان کمال تشکر و قدردانی را دارم .

با تشکر فراوان از ایده های بسیار خوب و پرمغز استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر سعید گلپایان که در تمامی مراحل کار راهگشای پروژه و تحقیقم بود و با همکاری و مساعدت ایشان اطلاعات و داده های مورد نیاز در مورد حوضه مورد نظر و نرم افزار طراحی و مدلسازی برای من فراهم گردید.

با سپاس بی پایان از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر احمد احمدی که همواره در مراحل مختلف پایان نامه از نظرات و راهکارهای ارزشمند ایشان بهره مند شدم .

با تشکر از کلیه نهادها و موسساتی که در این مدت با بنده مساعدت داشتند ، بخصوص موسسه تحقیقات آب ایران که داده ها و اطلاعات مفید و ارزشمندی را در اختیارم قرار داد .

و در پایان از خانواده عزیزم ، بخاطر تمام صبوریه ها و همدلی هایشان تشکر و قدر دانی می نمایم .

تعهد نامه

اینجانب نرجس سالاریان دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران – گرایش سازه های هیدرولیکی ، دانشکده عمران و معماری دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه با عنوان ارزیابی اثر ساخت چکدم در کنترل سیل و کاهش خسارات آن بامدلسازی هیدرولیکی و هیدرولوژیکی چکدمها - مطالعه موردی حوضه کن - تهران متعهد می شوم .

• تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .

• در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .

• مطالب مندرج در این پایان نامه تا کنون توسط اینجانب یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .

• کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام “دانشگاه صنعتی شاهرود” و یا “Shahrood University Of Technology” به چاپ خواهد رسید .

• حقوق معنوی کلیه افرادی که در بدست آوردن نتایج اصلی پایان نامه تاثیرگذار بوده اند ، در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد .

• در کلیه مراحل انجام پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ، ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .

• در کلیه مراحل انجام پایان نامه ، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است ، اصل راز داری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

• کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب و برنامه های یارانه ای ، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .

• استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد .

چکیده:

چک دمها^۱، سدهای کوچک با سازه های بسیار ساده و نسبتاً کم هزینه هستند که به دلیل عدم نیاز به مصالح و یا تکنولوژی خاص برای ساخت، برای کنترل رسوب و مهار سیل کاربرد فراوانی دارند. در این تحقیق اثر استفاده از چک دم در کاهش دبی اوج و افزایش زمان رسیدن به دبی اوج در حوضه آبریز کن (با مساحت تقریبی ۲۱۵ کیلومتر مربع) در شمال غرب شهر تهران بررسی می شود. این حوضه آبریز با توجه به نزدیکی به شهر تهران و وجود مراکز تفریحی و زیارتی، از حساسیت زیادی برخوردار بوده و بنابراین ضرورت انجام اقدامات مناسب برای کاهش خسارات سیل در آن نمایان می باشد. در این تحقیق به دو روش و با نرم افزار HEC-HMS مدل سازی حوضه آبریز کن انجام شد که شامل روش مدل سازی هیدرولوژیکی و مدل سازی هیدرولیکی می باشد. با استفاده از مدل سازی هیدرولوژیکی، اثر ساخت چک دمها در مشخصات سیل در سه سناریوی مختلف بررسی شد. در سناریوی اول شیب سرشاخه پس از ساخت چک دم به نصف شیب اولیه و در سناریوهای دوم و سوم نیز شیب ثانویه به ترتیب به یکدهم و یکصدم شیب اولیه کاهش یافت. نتایج مدل سازی هیدرولوژیکی منطقه نشان دادند که در سناریوی اول، ساخت چک دم تاثیری در کاهش دبی اوج و افزایش زمان رسیدن به اوج ندارد. در سناریوی دوم، کاهش دبی اوج در زیرحوضه های اصلی حداکثر ۰.۸۸ درصد و در سناریوی سوم بین ۳/۸۶ تا ۱۰/۶۱ درصد می باشد. همچنین استفاده از چک دمها زمان رسیدن به دبی اوج را حداکثر ۱۰ دقیقه برای سناریوی دوم و ۱۰ تا ۵۰ دقیقه برای سناریوی سوم به تاخیر می اندازد که با توجه به زمان تمرکز اندک زیرحوضه ها، می تواند بسیار موثر باشد. در مدل سازی هیدرولیکی تاثیر ساخت چک دم با در نظر گرفتن چک دم با مخزن خالی از رسوبات و در دو حالت بررسی گردید. شیب زیرحوضه ها در ۵ رده تقسیم شد و تعداد چک دمها در هر یک از این رده های شیب ۵ و ۱۰ و ۲۰ و ۵۰ و ۱۰۰ و ۱۵۰ عدد در نظر گرفته شد. در حالت اول در هر شیب، یک زیر حوضه به عنوان نماینده زیر حوضه های هم رده خود مدل سازی شد. نتایج نشان داد که در این حالت

¹ Check dam

با ساخت ۱۵۰ چک دم، حداقل کاهش دبی اوج در شیب ۵۰٪ (مربوط به خروجی پایین دست سولقان)، با ۶۵.۷٪ کاهش است و حداکثر کاهش دبی اوج در زیر حوضه سنگان با شیب بکر ۴۰٪ و با ۹۱.۴٪ کاهش رخ میدهد و زمان رسیدن به اوج با ساخت ۱۵۰ چک دم از یک تا دو ساعت به تاخیر می افتد. در حالت دوم فقط یک زیر حوضه به عنوان زیر حوضه شاهد مدل شد که در این مدل تمامی فاکتورها ثابت و تنها فاکتور متغیر شیب زیر حوضه ها بود. نتایج این مدلسازی نشان داد که در این حالت با ساخت ۲۰ چک دم کاهش دبی اوج بین ۶۶.۴٪ تا ۸۰.۶۷٪ افزایش زمان رسیدن به اوج تا حدود ۳ ساعت خواهد بود که بسیار قابل توجه است. مقایسه نتایج نشان داد که استفاده از مدل‌های هیدرولیکی - که با تخلیه به موقع رسوبات از مخزن چک دمها و نگهداری مناسب از آنها، میسر خواهد بود - به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه تر است و به همراه آن میتوان از اقدامات آبخیزداری و مدیریتی جهت مهار سیل استفاده نمود.

کلمات کلیدی: سیل، چک دم، مشخصات هیدروگراف سیل، دبی اوج، زمان رسیدن به اوج، حوضه کن تهران

5th International Conference on Flood Management (ICFM5)
27-29 September 2011, Tokyo-Japan

Acceptance Letter and Invitation to the Conference



June 10, 2011

Dear Ms. Narjes Salarian

I am pleased to inform you that the call for abstract for the 5th International conference on Flood Management (ICFM5) to be held in Tokyo, Japan from 27 to 29 September 2011 has achieved an unexpected success. The ICFM5 Secretariat received 386 abstracts from 50 nations covering all five topic areas of the Conference and the International Technical Committee (ITC) reviewed all submitted abstracts about the relevance according the ICFM5 objectives.

I have the pleasure to inform you that your abstracts entitled: "**INVESTIGATING THE EFFECTS OF CHECKDAM CONSTRUCTION IN MITIGATION OF FLOOD HYDROGRAPH CHARACTERISTICS USING HYDROLOGICAL MODELING IN NORTH-WEST OF TEHRAN, IRAN**" is accepted and I would like to invite you for Poster presentation at ICFM5 in Tokyo from 27 to 29 September 2011. According to your abstract content, it should be presented in the topic 1. Please feel free to let us know whether you think another topic would be more appropriate. Your abstract has been assigned the reference code I-1-322. Please include this code in all further correspondence.

Please let me take the opportunity and explain the current situation after the Great East Japan Earthquake and Tsunami Disasters on March 11. I am pleased to inform and assure you the situation in Tokyo and Tsukuba has been quite fine and everything is normal. We see no obstacles to organize a successful Conference in Tokyo with your important contribution. I would also like to inform you the following modification to the original program of ICFM5:

1. We add Tsunami and other mega-disaster components to the program organizing some special sessions "Coping with Water-related Mega Disasters" to respond to the Great East Japan Earthquake and Tsunami Disasters. As time is limited, the speakers will be selected on invitation basis. For this purpose some high-level national and international officials may be invited for the conference.
2. In this connection, holding the conference in Tokyo is preferable. It would also help promoting more participants internationally as well as nationally. Therefore we move the venue of ICFM5 from Tsukuba to Tokyo at UNU (United Nations University) in Aoyama for the 1st day and at UDX in Akihabara for the 2nd and the 3rd day.

For more information on the Conference venue and online registration, please visit ICFM5 website at: <http://www.ifi-home.info/icfm-icharm/icfm5.html>

Please do not hesitate to contact ICFM5 Secretariat should you have any inquiries. We thank you again for contribution to ICFM5, and look forward to seeing you.

Sincerely yours,

Kuniyoshi Takeuchi
ICHARM Director and ICFM5 Co-chair

ICFM5 Secretariat: International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM) under the auspices of UNESCO Public Works Research Institute (PWRI)
Address: 1-6 Minamihara, Tsukuba, Ibaraki, 305-8516, Japan
Tel: +81-29 879 6809 Fax: +81-29 879 6709
E-mail: info@ifi-home.info or icharm@pwri.go.jp
URL: <http://www.ifi-home.info/icfm-icharm/icfm5.html>



INVESTIGATING THE EFFECTS OF CHECKDAM CONSTRUCTION IN MITIGATION OF FLOOD HYDROGRAPH CHARACTERISTICS USING HYDROLOGICAL MODELING IN NORTH-WEST OF TEHRAN, IRAN

Naries Salarian

Saeed Golian, Ahmad Ahmadi

School of civil and Architectural Eng., Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

Checkdams are small dams with very simple and relatively inexpensive structures and as they do not require any complicated technology or special materials for construction, they have many applications in flood and sediment control projects.

In the present study, the effects of applying checkdams in reducing peak discharges and increasing time to peak is investigated in Kan basin (approximately 250 km² area). This basin is located in north-west of Tehran where there are many recreational centres and Holy Shrines in the area, therefore it has an important and sensitive position for decision makers. As this area has encountered with some devastating floods in the last decades, it is vital to implement appropriate flood control measures.

Using hydrological modeling, the effects of checkdam construction in mitigation of flood characteristics were evaluated in three scenarios. In the first scenario, the slope of upper sub-basins was considered to be reduced by half of the initial slope after checkdam construction. The slopes were reduced to a tenth and a hundredth of the initial slopes for the second and third scenarios, respectively. Results revealed that in the first scenario, checkdams have no effects in reducing peak discharges and increasing time to peak. But in the second scenario, it decreased the peak discharges between 0.5 and 3.5 percent and this reduction was between 3.9 to 10.6 percent in the third scenario. Also by using checkdams, the time to peak of hydrographs were postponed between 10 and 20 minutes and 10 to 50 minutes in the second and third scenarios, respectively. These values could be very effective in reducing flood damages for sub-basins in mountainous area with small time of concentration.

فصل اول : مقدمه و کلیات

۳۱	۳-۱-۳- مزایای چک دمها
۴۰	۳-۱-۴- معایب و مشکلات چک دمها
۴۰	۳-۱-۵- تعداد چک دمها
۴۱	۳-۲- مدلسازی چک دمها در حوضه آبریز
	۳-۳- تشریح مدلسازی
۴۵	۳-۳-۱- استخراج خصوصیات فیزیوگرافی
۴۶	۳-۳-۲- روند مدلسازی در نرم افزار HEC_HMS
۵۰	۳-۳-۳- انتخاب نقاط هدف
۵۲	۳-۴- مدلسازی هیدرولوژیکی
۵۳	۳-۵- مدلسازی هیدرولیکی
	فصل چهارم: نتایج و تفسیر آن
۶۲	۴-۱- مقدمه
۶۳	۴-۲- نتایج مدل هیدرولوژیکی
۶۹	۴-۳- نتایج مدل هیدرولیکی
	فصل پنجم: بحث در نتایج و جمع بندی
۱۴	۵-۱- خلاصه
۱۴	۵-۱-۱- خلاصه نتایج مدل هیدرولوژیکی
۱۵	۵-۱-۲- خلاصه نتایج مدل هیدرولیکی
	۵-۲- بحث در نتایج
۱۵	۵-۲-۱- بحث در نتایج مدل هیدرولوژیکی
۱۶	۵-۲-۲- بحث در نتایج مدل هیدرولیکی
۱۸	۵-۳- جمع بندی
۱۹	۵-۴- پیشنهادات

پیوست ۱: ضوابط طرح و نگهداری چک دمها و علل تخریب آنها

پ-۱- ضوابط طراحی چک دمها و آیین نامه های موجود

پ-۱-۱- چک دمها ، نیروهای مهم وارده ، ضوابط و محدودیتهای طراحی

پ-۱-۲- فاصله بین چک دمها ۹۴

پ-۱-۳- سرریز در چک دمها ۹۸

پ-۱-۴- فیلتر در چک دمها ۹۹

پ-۲- علل تخریب چک دمها ۱۰۰

پیوست ۲- جداول مربوط به داده های نرم افزار HEC-HMS ۱۰۵

منابع و مراجع ۱۲۷

چکیده مقاله ارائه شده از متن پایان نامه ۱۳۰

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱ نمودار طبقه بندی بلایای طبیعی بر حسب منشا وقوع آن ۳
- شکل ۱-۲ نمودار درصد وقوع بلایای طبیعی در دنیا ۳
- شکل ۱-۳ عکسی از تخریب راه در اثر سیل ۴
- شکل ۱-۴ نمودار خسارات سیل ۵
- شکل ۱-۵ نمودار تعداد دفعات وقوع سیل در استانهای مختلف ایران ۱۱
- شکل ۱-۶ شکل شماتیک چک دم روی مقطع رودخانه ۱۸
- شکل ۱-۷ نحوه قرارگیری چک دمها ۱۹
- شکل ۱-۲ موقعیت جغرافیایی منطقه کن ۲۵
- شکل ۲-۲ نقشه مدل رقوم ارتفاعی و مرز زیر حوضه های کن ۲۶
- شکل ۲-۳ نمودار توزیع فراوانی نسبی و توزیع تجمعی ارتفاع با مساحت کل ۲۷
- شکل ۲-۴ نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک حوضه کن ۲۹
- شکل ۲-۵ نقشه ضرایب CN حوضه کن ۳۰
- شکل ۲-۶ پراکندگی درجات شیب در حوضه کن ۳۱
- شکل ۱-۳ پروفیل یک چک دم ۳۵
- شکل ۲-۳ نحوه اتصال چک دم به کف و کناره ها ۳۶
- شکل ۳-۳ نمونه ای از چک دم با مصالح سنگی ۳۶
- شکل ۳-۴ شکل شماتیک نوع باز و بسته چک دم ۳۸
- شکل ۳-۵ شکل شماتیک قرارگیری چک دم در سر شاخه های فرعی ۳۹
- شکل ۳-۶ شکل شماتیک مدل حوضه آبریز کن در نرم افزار HEC-HMS ۴۴

- ۴۶ شکل ۳-۷- استخراج اطلاعات از نرم افزار ArcGIS
- ۴۷ شکل ۳-۸- مدلسازی حوضه آبریز کن در نرم افزار HEC-HMS
- ۴۹ شکل ۳-۹- مدلسازی حوضه آبریز کن با زیر حوضه ها و سایر مشخصات
- ۵۱ شکل ۳-۱۰- نقشه پوشش گیاهی منطقه کن بر حسب درصد
- ۵۲ شکل ۳-۱۱- نقاط مناسب ساخت چک دم
- ۵۵ شکل ۳-۱۲- مدل هیدرولیکی با فرض ۵ چک دم
- ۵۶ شکل ۳-۱۳- مقطع مثلثی برای چک دم
- ۵۷ شکل ۳-۱۴- مقطع دوزنقه ای برای چک دم
- ۶۵ شکل ۴-۱- جانمایی زیر حوضه ها
- ۶۸ شکل ۴-۲- نمونه پیشنهادی از ابعاد چک دمه‌های اجرایی در حوضه رودخانه کن
- ۷۷ شکل ۴-۳- نمودار درصد تغییرات دبی در مدل هیدرولیکی زیر حوضه شاهد
- ۷۸ شکل ۴-۴- نمودار تغییرات زمان رسیدن به اوج در مدل هیدرولیکی زیر حوضه شاهد
- ۷۹ شکل ۴-۵- نمودار تغییرات دبی اوج بین ۲۰ تا ۱۰۰ چک دم - مدل هیدرولیکی
- ۸۱ شکل ۴-۶- هیدروگراف سیل - شیب ۱۰٪- زیر حوضه شاهد- تعداد چک دم = صفر
- ۸۱ شکل ۴-۷- هیدروگراف سیل - شیب ۱۰٪- زیر حوضه شاهد- تعداد چک دم = ۵
- ۸۲ شکل ۴-۸- هیدروگراف سیل - شیب ۱۰٪- زیر حوضه شاهد- تعداد چک دم = ۱۰۰
- ۹۱ شکل ۱-پ- شکل شماتیک نیروهای وارده بر چک دم
- ۹۲ شکل ۲-پ- شکل شماتیک نیروهای وارده بر یک سرریز توریسنگی
- ۹۳ شکل ۳-پ- نمای جلوی اولین بند اصلاحی توری سنگی
- ۹۳ شکل ۴-پ- مقطع اولین بند توری سنگی

- شکل ۵-پ- نحوه قرارگیری چک دمها ۹۴
- شکل ۶-پ- فاصله بین بندها ۹۵
- شکل ۷-پ- اندازه گیری با شیب بیشتر گالی ۹۶
- شکل ۸-پ- اندازه گیری شیب تعادل بین چک دمها ۹۷
- شکل ۹-پ- ارتباط بین شیب آبراهه- ارتفاع موثر بند و فاصله بندها ۹۷
- شکل ۱۰-پ- سر ریز دوزنقه ای ۹۹
- شکل ۱۱-پ- سرریز مستطیلی ۹۹
- شکل ۱۲-پ- سرریز سهمی شکل ۹۹
- شکل ۱۳-پ- نحوه تعیین فاصله ۱۰۳

فهرست جداول :

۸	جدول ۱-۱- توزیع رخدادها و خسارات سیل در دوره ۱۳۳۱ تا ۱۳۷۰
۸	جدول ۱-۲- درصد زیانهای مالی به تفکیکی نوع زیانها
۹	جدول ۱-۳- رتبه بندی شهرها برحسب تعداد سیل و خسارات
۲۷	جدول ۱-۲- مشخصات زیر حوضه های حوضه کن
۲۸	جدول ۲-۲- رده بندی خاک بر حسب میزان نفوذ پذیری
۵۴	جدول ۱-۳- رده بندی شبیههای حوضه کن
۵۸	جدول ۲-۳- روابط تراز - سطح -دبی در شیب های مختلف
۶۴	جدول ۱-۴- مشخصات خروجی مدل هیدرولوژیکی در چهار نقطه از زیر حوضه
۶۶	جدول ۲-۴- مشخصات خروجی مدل هیدرولوژیکی
۶۷	جدول ۳-۴- تعداد چک دمهای مورد نیاز برای سناریوهای مختلف کاهش شیب
۷۰	جدول ۴-۴- دبی اوج و زمان رسیدن به اوج در شبیههای مختلف با تعداد متفاوت چک دم
۷۴	جدول ۴-۵- نتایج مدلسازی زیر حوضه شاهد در شبیههای مختلف
۱۰۵	جدول پ-۱- مشخصات اولیه زیر حوضه ها
۱۱۱	جدول پ-۲- ضریب CN و تلفات اولیه و نفوذپذیری زیر حوضه ها
۱۱۸	جدول پ-۳- ضرایب ماسکینگهام
۱۲۰	جدول پ-۴- طول رود در هر زیر حوضه
۱۲۴	جدول پ-۵- گنج های اختصاص داده شده به زیر حوضه ها
۱۲۶	جدول پ-۶- بارشهای زیر حوضه ها

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- سیل

۱-۱-۱- بلایای طبیعی

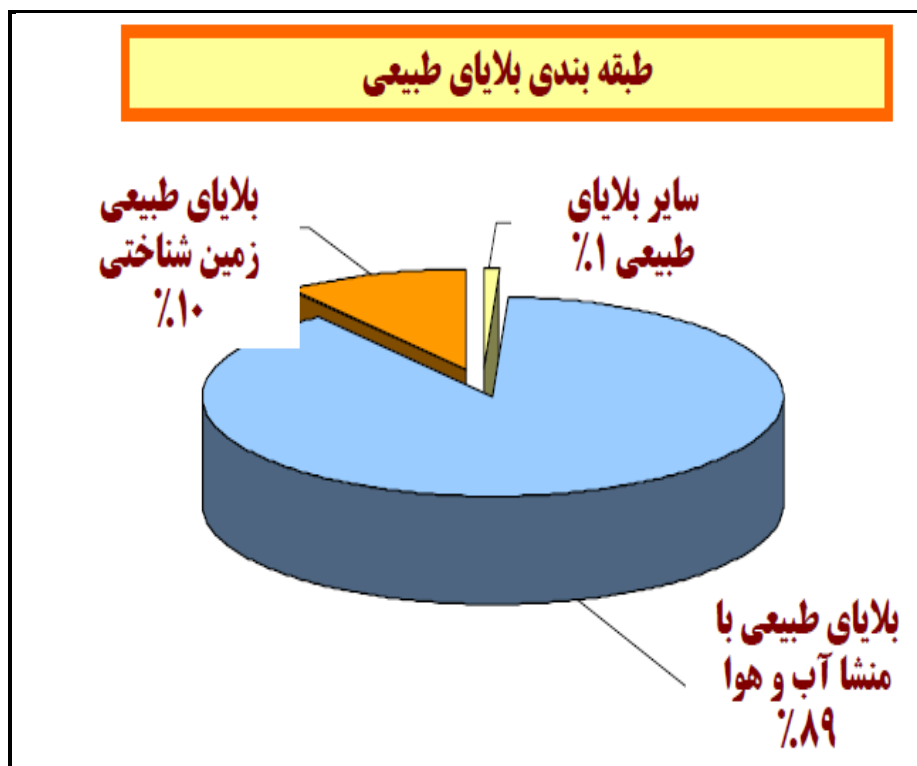
بلایای طبیعی^۲ از دیدگاه سازمان بهداشت جهانی (W.H.O)^۳ عبارتند از رخ دادن واقعه ای که منجر به خسارت، نابسامانی اقتصادی، مرگ و میر و کاهش سطح خدمات بهداشتی گردد، بطوریکه نیاز به درخواست کمک از منابع غیر محلی باشد. به تعبیر دیگر بلایای طبیعی، به مجموعه‌ای از حوادث زیانبار گفته می‌شود، که منشاء انسانی ندارند. این حوادث معمولاً غیرقابل پیش‌بینی بوده و یا حداقل از مدتهای طولانی قبل نمی‌توان وقوع آنها را پیش‌بینی نمود. در یک دسته بندی کلی بلایای طبیعی ممکن است منشا زمین شناسی داشته باشد، همانند رانش زمین و زلزله یا منشا آن تغییرات جوی و آب و هوایی باشد، مثل سیل و طوفان. برخی از بلایای طبیعی بطور غیر مستقیم منشا انسانی دارند، مثل بلایای ناشی از آلودگی هوا و گرم شدن زمین. در شکل ۱-۱ طبقه بندی بلایای طبیعی بر حسب منشا آن آمده است. در شکل ۱-۲ درصد توزیع بلایای طبیعی در سطح دنیا نشان داده شده است همانطور که در این نمودار مشاهده می شود، سهم قابل توجهی به سیل^۴ اختصاص دارد. با توجه به شکلهای (۱-۱ و ۱-۲)، یکی از مهمترین بلایای طبیعی در جهان که با منشا آب و هوایی رخ می دهد سیل می باشد و در سرتاسر جهان و از جمله در ایران چه از نظر خسارت مالی و چه جانی پدیده سیل، امری قابل توجه و تامل می باشد.

گزارش اثرات سوانح در جهان که توسط فدراسیون بین المللی جمعیت های صلیب سرخ و هلال احمر در سال ۲۰۰۱ میلادی انتشار یافته، ایران را پس از چین، هند، بنگلادش در رتبه چهارم سانحه خیزترین کشورهای آسیایی قرار داده است.

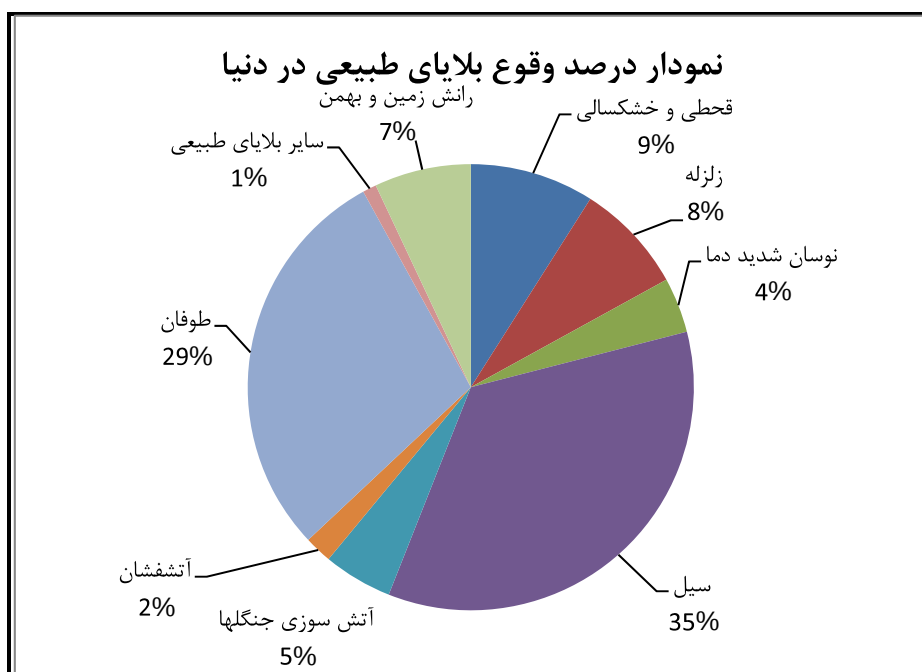
^۲ disaster

^۳ World Health Organization

^۴ flood



شکل ۱-۱- نمودار طبقه بندی بلایای طبیعی برحسب منشأ وقوع آن (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸۸)



شکل ۲-۱- نمودار درصد وقوع بلایای طبیعی در دنیا (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸۸)

۱-۲- خسارات سیل و لزوم کنترل آن

نگاهی به آمار های جهانی ، نشاندهنده واقعیت تلخی از خسارات سیل است . وقوع سیل در یک منطقه ، خانه ها ، جاده ها و راهها ، اراضی و زمینهای کشاورزی ، کارخانجات و مراکز صنعتی و بطور کل شهرها و روستاها را ویران می کند . از بین رفتن و کشته شدن انسانها در اثر سیل و تبعات آن موجب از دست رفتن منابع انسانی می گردد. نمونه ای از تخریب راه در شکل ۱-۳ آمده است.

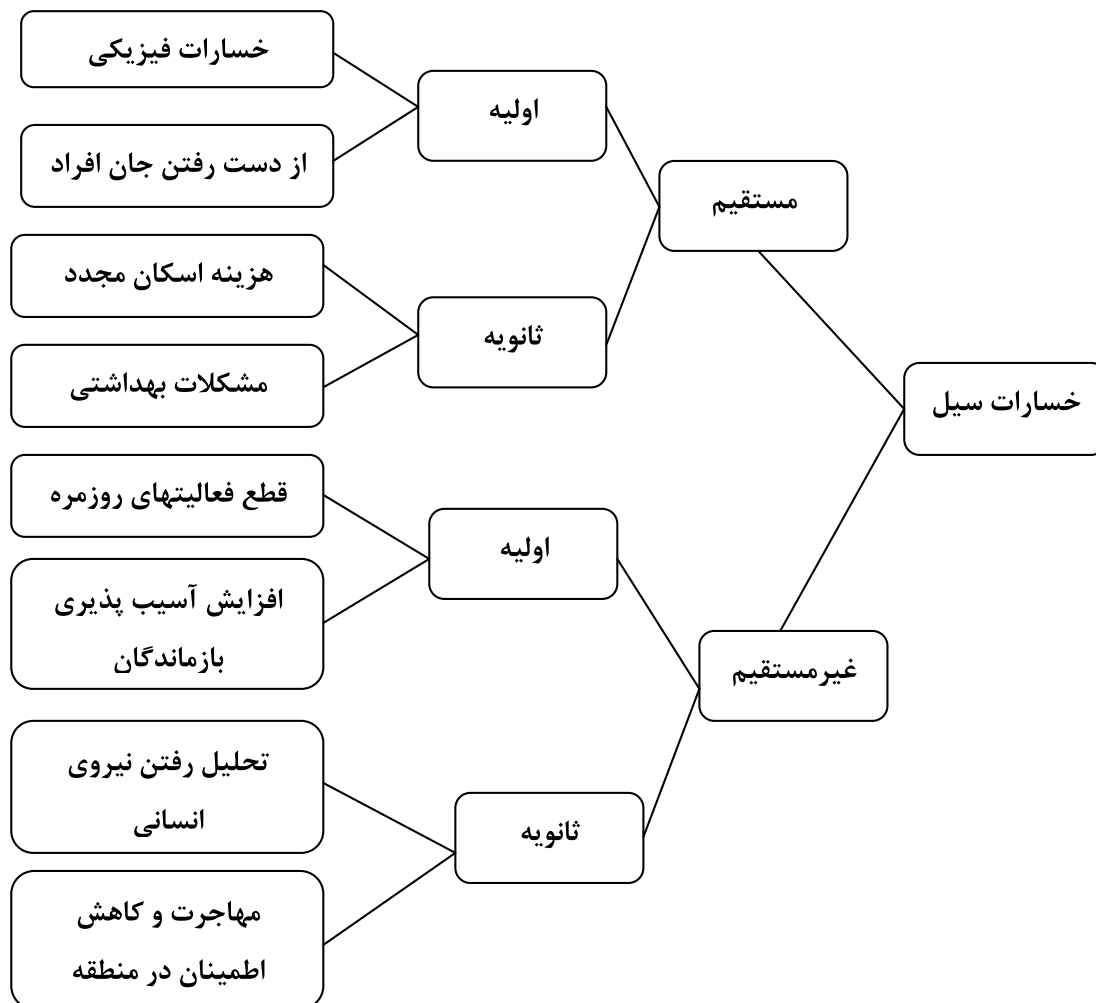


شکل ۱-۳- عکسی از تخریب راهها در اثر سیل

سیلابی که در حوضه های کوچک یا مناطق کوهستانی با زمان تمرکز کم اتفاق می افتد، تند سیلاب^۵ نامیده می شود. تلفات جانی این تند سیلابها عموماً بیشتر از تلفات جانی سیلابهای رودخانه های بزرگ می باشند. سیلابها نه تنها موجب خسارت به دارایی ها میشوند و جان انسانها و حیوانات را به

^۵ Flash flood

خطر می اندازند بلکه اثرات دیگری نیز از خود بر جا می گذارند. فرسایش خاک و شکسته شدن درختان و از ریشه کنده شدن گیاهان و بوته ها ، آلوده شدن آبهای سطحی و زیر زمینی ، خطری است که محیط زیست را تهدید می کند . زیستگاههای ماهیان و دیگر حیوانات تخریب می شود . با ویران شدن کارخانجات صنعتی و شیمیایی ، گاهها زباله ها و مواد شیمیایی خطرناکی در مناطق سیلزده پراکنده می شود که جان بازماندگان ونجات یافتگان و نیز محیط زیست را به طور جدی در معرض تهدید و خطر قرار می دهد . خسارات ناشی از سیل از چند دیدگاه قابل بررسی هستند در یک طبقه بندی عمومی طبق شکل ۴-۱ خسارات سیل دسته بندی شده اند .



شکل ۴-۱- نمودار خسارات سیل (smith k و همکاران ، ۱۹۹۸)

۱-۱-۳- سوابق سیل بر اساس آمار

۱-۱-۳-۱- سوابق سیل در کشورهای مختلف دنیا :

سیل یکی از بلایای طبیعی است که هر ساله جان و مال انسانها ، حیات حیوانات ، سرزمینها و طبیعت را تحت تاثیر قرارداده و به آنها خسارت وارد می کند . بر اساس آمار سازمان ملل از ۱۹۶۷ تا

۱۹۹۱ (۲۴ سال) ، ۱۳۵۸ سیل در جهان رخ داده است که :

* ۱۳.۵٪ از کل حوادث دنیا را شامل میشود.

* کشته شدگان ۳۰۵۰۰۰ نفر

* تعداد مجروحین بیش از ۲۶۶۰۰۰ نفر

* آسیب دیدگان بالغ بر ۱/۰۶ میلیارد نفر

* از هر ۵ نفر یک نفر از سیل آسیب دیده است .

از سال ۲۰۰۲ بر طبق آمار منتشر شده توسط سازمان هواشناسی جهانی (WMO)^۶ سیل در بیش از ۸۰ کشور دنیا تقریباً جان ۳۰۰۰ نفر را گرفته است و مشقات زیادی برای بیش از ۱۷ میلیون نفر در سرتاسر جهان ایجاد کرده است .

این سازمان تخمین می زند خسارات مالی کل در هشت ماهه نخست سال ۲۰۰۲ بالغ بر ۳۰ میلیون دلار آمریکا بوده و بیش از ۸ میلیون کیلومتر مربع از سطح خشکی تحت تاثیر سیل قرار گرفته است ، که مساحت مناطق آسیب دیده تقریباً معادل مساحت ایالات متحده آمریکا است . در آگوست سال ۲۰۰۲ بدترین خسارت سیل در اروپای مرکزی ثبت شد که عمدتاً در آلمان و جمهوری چک اسلواکی بود . به طور مشابه کشورهای چین ، هند ، نپال و بنگلادش در سطح وسیعی تحت تاثیر اثرات مخرب سیل قرار گرفته اند . سیل یکی از بلایای طبیعی شایع در جهان است . در زیر برخی سیلهای مهم از ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۲ به اختصار شرح داده شده است : (Gautam K.P, Vanderhoek E.E, ۲۰۰۳)

^۶ World Meteorological Organization - Switzerland

۱- آلمان - چک و اسلواکی (۲۰۰۲): بارندگی شدید در شرق اروپا در آگوست ۲۰۰۲ بدترین سیل را رقم زد، که بیش از ۱۰۰ کشته در آلمان و روسیه و جمهوری چک داشت و باعث خسارت ۲۰ میلیونی شد. تنها در جمهوری چک ۲۲۰۰۰۰ نفر از ساکنین شهرها تخلیه شدند. یک کارخانه مواد شیمیایی سیل زده شده و بیش از ۱۰۰ تن مواد شیمیایی پراکنده گردید، سیل به زیبایی ها و بناهای تاریخی شهر پراگ صدمه زد.

۲- چین، هند، بنگلادش (۲۰۰۲): در تابستان ۲۰۰۲ سیل های گسترده ای در امتداد کشورهای آسیایی رخ داد که بخش اعظم آن در چین، هند، بنگلادش، تایلند، ویتنام و لائوس بود. در چین سیل جان ۷۹۳ نفر را گرفت و مستقیماً باعث خسارات اقتصادی بالغ بر ۳۰ میلیون یوان (معادل ۳.۶۱ میلیون دلار آمریکا) در ۲۴ استان و مناطق اداری و مراکز جمعیتی شد. این سیل بدترین سیل از سال ۱۹۹۰ به بعد بود، بیش از ۸۰ هزار نفر تخلیه شدند و ۲۰ هزار خانه تخریب گردید و بیش از ۱۷۵ هزار محصول سیل زده شد. در بنگلادش سیل بیش از ۹۰ نفر را کشت و هزاران خانه ویران و ۵۰۰ هزار شالیکاری برنج سیل زده شد و ۳۰ هزار نفر از بیماریهای ناشی از آلودگی آب در معرض خطر قرار گرفتند. در نپال ۴۴۰ نفر کشته و ۵۵۳۳۷ خانواده سیل زده شدند. تایلند ۷۸ کشته داشت که در اثر سیل عظیمی بود که در سال ۲۰۰۲ رخ داد.

۳- چین (از ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۶): در این سالها، چین رکورد غم انگیزی در تعداد کشته شدگان سیل را به نام خود ثبت کرده بود و تعداد کشته شدگان به سمت ارقام میلیونی سیر می کرد. در تابستان ۱۹۹۱، ناحیه ای در شرق چین با مساحت ۱۳۰ هزار کیلومتر مربع سیل زده شد. ۳ میلیون خانه از جا کنده یا کاملاً تخریب شد. ۳ سال به بعد، شش استان در جنوب و جنوب شرق کشور با سیل مواجه شدند. مناطق خوش منظره GUANGXI در مسیر رودخانه لی سیل زده شده و تقریباً ۱۵۰۰ نفر کشته شدند. در سال بعد از آن بیش از ۱۰۰ میلیون نفر در معرض تهدید سیلی بودند که پس از ذوب برفها و با شکل گیری روانابهای شدید رخ داد و ۱۰ استان در مرکز، شرق و جنوب چین تحت تاثیر قرار گرفتند. حداکثر سیل در ۱۹۹۶، پس از بارندگیهای شدید در مرکز و

جنوب چین رخ داد که بیش از ۱۰۰ میلیون نفر خسارت دیدند و ۸۰۰۰ کارخانه بسته شد و ۱۰۰ میلیون کیلومتر مربع از مناطق کشاورزی غرقاب شد. خسارت تخمینی ۲۰ میلیون دلار آمریکا بود.

۱-۱-۳-۲- تاریخچه سیل در ایران

در کشور ایران وقوع سیلاب هر ساله موجب خسارات و تلفات زیادی می گردد بطوری که طی دوره آماری ۱۳۳۱ تا ۱۳۸۰ تعداد ۳۷۰۰ سیل در ایران رخ داده است. (عطایی فر ، ۱۳۸۸)
در جدولهای زیر که توسط وزارت نیرو در راهنمای ارزیابی خسارات سیل (۱۳۸۵) آمده است ، سیلهایی که در طی یک دوره چهل ساله به وقوع پیوسته و خسارات آن نشان داده شده است :

جدول ۱-۱- توزیع رخدادها و خسارات سیل در دوره ۱۳۳۱ تا ۱۳۷۰

دهه	رخدادها		شهرهای آسیب دیده		خسارات	
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	میلیارد ریال	درصد
۱۳۳۱-۴۰	۱۹۱	۱۰/۱	۱۰۱	۱۶	۱۳۵/۰۵	۱۰/۸
۱۳۴۱-۵۰	۲۵۱	۱۳/۳	۱۳۱	۲۱	۱۴۸/۸۱	۱۱/۹
۱۳۵۱-۶۰	۴۴۰	۲۳/۳	۱۵۴	۲۵	۳۷۵/۱۱	۲۲
۱۳۶۱-۷۰	۱۰۰۸	۵۳/۳	۲۳۹	۳۸	۶۹۱/۵۳	۵۵/۳
جمع	۱۸۹۰	۱۰۰	-	-	۱۲۵۰/۵	۱۰۰

جدول ۲-۱- درصد زیانهای مالی سیل به تفکیک نوع زیانها

نوع خسارات	خانه	دام	مزرعه	پل	راه	قنات	جمع
درصد	۴۲/۸	۱/۵	۳۰/۶	۲/۱	۱۷/۶	۵/۴	۱۰۰

جدول ۳-۱- رتبه بندی شهرها بر حسب تعداد سیل و خسارات

ردیف	استان	تعداد شهر	تعداد سیل	میانگین تعداد در ده سال	خسارات دوره ۴۰ ساله (میلیارد ریال)
۱	خراسان	۳۵	۳۰۰	۷۵	۱۶۶/۱
۲	خوزستان	۲۲	۱۳۴	۳۲/۵	۱۵۰/۷
۳	مازندران	۲۶	۱۲۷	۳۱/۸	۱۸/۴
۴	کرمان	۱۴	۱۱۷	۲۹/۳	۱۲۱/۷
۵	تهران	۱۱	۱۱۳	۲۸/۳	۳۰/۱
۶	اصفهان	۲۳	۹۶	۲۴	۸۷/۹
۷	فارس	۲۱	۹۱	۲۸	۱۱۸/۶
۸	بوشهر	۱۱	۸۷	۲۱/۸	۴۳/۳
۹	لرستان	۸	۸۲	۲۰/۵	۱۵
۱۰	همدان	۶	۸۱	۲۰/۳	۲۱/۲
۱۱	آذربایجان شرقی	۱۰	۷۹	۱۹/۸	۴۸/۳
۱۲	آذربایجان غربی	۱۳	۷۶	۱۹	۵۴/۸
۱۳	سیستان و بلوچستان	۹	۶۶	۱۶/۵	۱۶۳/۴
۱۴	سمنان	۶	۶۶	۱۶/۵	۴۳
۱۵	گیلان	۱۵	۵۷	۱۴/۳	۱۰/۸
۱۶	کهگیلویه و بویراحمد	۴	۵۰	۱۲/۵	۳۱/۵
۱۷	کردستان	۶	۳۷	۹/۳	۲/۲
۱۸	یزد	۶	۳۷	۹/۳	۱۷/۴
۱۹	مرکزی	۵	۳۵	۸/۸	۱۷/۲
۲۰	هرمزگان	۴	۳۳	۸/۳	۳/۴
۲۱	ایلام	۷	۳۳	۸/۳	۱۰/۹
۲۲	زنجان	۴	۲۹	۷/۳	۴/۵
۲۳	اردبیل	۴	۲۶	۶/۵	۵/۵
۲۴	کرمانشاه	۸	۲۱	۵/۳	۴۲/۵
۲۵	چهارمحال و بختیاری	۳	۱۷	۴/۳	۳۱/۱
	جمع	۲۸۱	۱۸۹۰		۱۲۵۰/۵

بنابر گزارش سازمان زمین شناسی کشور ۹۷ درصد شهرهای ایران در معرض زلزله و ۳۵۰ شهر در معرض سیل قرار دارند. بدلیل موقعیت جغرافیایی خاص در کشور ما از جمله اقلیم خشک و نیمه خشک ، وجود کوهستانهای متعدد با شیب تند و اراضی غیر قابل نفوذ ، شرایط برای سیل کاملاً فراهم است .

۱-۱-۳-۲-۱- طبقه بندی سیل های کشور

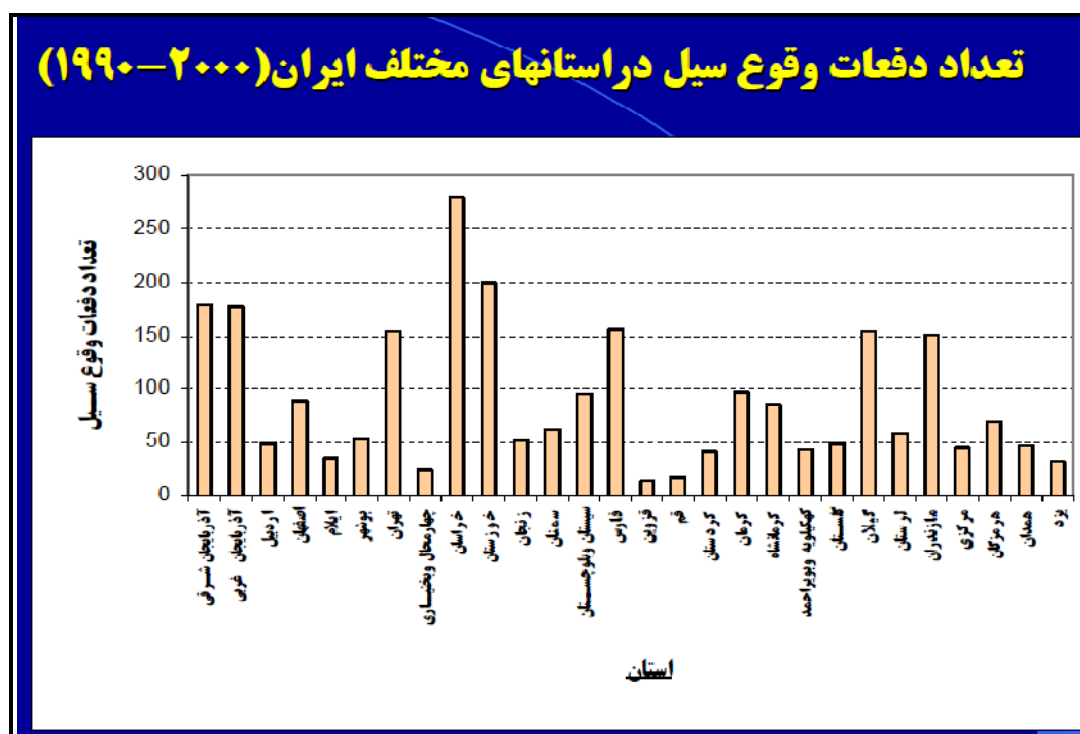
جریان سیل به طور عمده ناشی از رواناب سطحی می باشد که حاصل خصوصیات بارش و خصوصیات حوضه آبریز است که در این میان، تأثیر پوشش گیاهی خاک در کاهش جریان سیل حوضه های کوچک ، کمتر از حوضه های با مساحت زیاد می باشد. دریک طبقه بندی کلی می توان سیلابهای رخ داده در کشور را در دسته های زیر تقسیم بندی نمود :

الف) سیل ناگهانی (Flash Flood) : ناشی از بارش شدید در حوضه های معمولاً کوچک مانند سیل گلابدره تهران (۱۳۶۶) ، ماسوله (۱۳۷۷) خیابو چای مشکین شهر (۱۳۸۰) ، گلستان (۱۳۸۱ و ۱۳۸۰). وقوع این نوع سیلابها معمولاً در فصل بهار و تابستان ناشی از عکس العمل سریع هیدرولیکی حوضه نسبت به بارش شدید می باشد و بدلیل ماهیت غافلگیرکننده این نوع سیلاب، منجر به خسارات و ضایعات قابل توجهی می شود.

ب) سیل رودخانه ای (River Flood): ناشی از بارش نسبتاً شدید و طولانی مدت در حوضه های با مساحت زیاد و یا بارشهای متوالی بیش از ظرفیت نفوذپذیری حوضه مانند آنچه که در سال ۱۳۷۱ در جنوب کشور اتفاق افتاد و سیل استانهای سیستان و بلوچستان ، کرمان ، هرمزگان، بوشهر، فارس و خوزستان را در بر گرفت.

ج) سیل دریایی (Sea Flood): به خاطر بالا آمدن سطح آب دریا و یا دریاچه ها مانند بالا آمدن سطح دریاچه خزر در سالهای ۱۳۵۷ تا ۱۳۷۱

د) سیل ناشی از ذوب برف (Snow Flood): ناشی از ذوب برفهای بالادست به دلیل افزایش ناگهانی دما که می تواند توام با بارندگی نیز باشد نظیر سیل رودخانه کارون در فروردین سال ۱۳۷۷ در نمودار شکل ۱-۵ تعداد دفعات وقوع سیل در استانها و در سالهای مختلف نشان داده شده است . طبق این نمودار در یک دوره ده ساله حدودا ۱۵۰ سیل در تهران رخ داده است و این آمار ضرورت مطالعات کنترل سیل در منطقه را نشان می دهد .



شکل ۱-۵- نمودار تعداد دفعات وقوع سیل در استانهای مختلف ایران (سازمان هواشناسی کشور)

۱-۴- اقدامات رایج در کنترل سیل

بطور کلی از دو دیدگاه می توان به موضوع کنترل سیلاب نگریست : یک رویکرد روش سنتی مبتنی بر مهار سیل از طریق اقدامات سازه ای است و رویکرد دیگر روشهای غیرسازه ای برای کاهش خسارات جانی و مالی سیل می باشد که از روشهای جدید است. معمولا ملاحظات اقتصادی ، اجتماعی ، زیست محیطی و تواناییهای فنی و تخصصی در انتخاب روش مهار سیل موثر می باشد . در روشهای سازه ای سعی بر آن است که قبل از وقوع سیل شدت جریان و تراز آب تخمین زده شود و با هدایت ، انحراف

یا مهار سیلاب توسط احداث سازه های مناسب خسارات وارده کاهش یابد . روشهای غیر سازه ای با هدف مدیریت بهتر سیلابدشتهای علاوه بر فراهم نمودن تمهیداتی قبل از وقوع سیل ، در هنگام بروز سیل و یا حتی پس از آن نیز اقداماتی را جهت حداقل کردن خسارت پیش بینی می کنند . البته گاه از روشهای تلفیقی نیز استفاده می شود .

یک گزینه غیر سازه ای برای کاهش خسارات سیل ، هشدار سیل است . هشدار سیل بدان معناست که قبل از وقوع سیل از طریق بتوان آنرا پیش بینی کرده و به افراد و موسسات مربوطه اطلاع رسانی کرد تا مسئولان و مردم بتوانند حداکثر اقدامات حفاظتی ممکن را انجام دهند و از خسارات احتمالی بکاهند ، از جمله این اقدامات تخلیه ساکنان شهرها و روستاهای در معرض خطر است .

در زیر به هر یک از این دو گزینه به طور مفصل تری می پردازیم :

۱-۴-۱- روش سازه ای :

تلاشهایی که در جهت کاهش سیلاب به وسیله حفاظت و اقدامات فیزیکی در سیلابدشت قبل از وقوع سیل اعمال می گردد ، روش سازه ای نامیده می شود . در روشهای سازه ای شناخت خصوصیات ژئوتکنیک و ساختارهای زمین شناسی و ملحوظ داشتن معیارهای طراحی سازه مد نظر می باشد . در سالهای اخیر ، توسعه قابل توجهی در روشهای طراحی هیدرولیکی سازه های مهندسی برای مهار سیلاب دیده می شود ، خصوصا در زمینه های هیدرولوژی ، طراحی و بهره برداری مخازن ، مهندسی رودخانه و هیدرولیک جزر و مد اقدامات و تلاشهای زیادی انجام شده است .

از روشهای سازه ای متداول می توان موارد زیر را نام برد :

◆ **احداث خاکریز (Levee) در امتداد رودخانه :** خاکریز یا گوره بعنوان یک کناره مصنوعی در

امتداد رودخانه برای حفاظت اراضی جانبی در برابر سیل احداث می گردد و از قدیمی ترین و

متداولترین روشهای مهار سیل است .

♦ **احداث دیوارهای سیل بند (Flood Walls) :** این دیواره ها از مصالح مختلفی مثل سنگ ،آجر و بتن ساخته می شوند و بیشتر در نقاطی کاربرد دارد که فاصله رودخانه تا محل استقرار سیل بندها محدود بوده و جای کافی جهت احداث خاکریز وجود نداشته باشد این سازه همانند خاکریز با افزایش تراز سیل و محدود کردن آن در یک عرض معین از رودخانه و سیلابدشت عمل می کند.

♦ **احداث مخازن تاخیری (Flood Mitigation Reservoirs) :** این مخازن جهت ذخیره کردن بخشی از جریانهای سیلابی و رها کردن تدریجی و مطمئن آن پس از فروکش کردن سیل بکار میرود . مخازن تسکین آب دبی اوج سیل را کاهش می دهند و باعث کاهش خسارات آن می گردند . آنها به دو گروه تقسیم می شوند : مخازن ذخیره ای و مخازن تاخیری که تفاوت آنها در نوع تجهیزات خروجی آنهاست . خروجی مخازن ذخیره ای توسط شیرها و دریچه ها کنترل می گردد اما در مخازن تاخیری خروجی بدون دریچه بوده و تخلیه بصورت خودکار و بر اساس حجم آب موجود در مخزن تنظیم می گردد.

♦ **انحراف سیلاب :** این روش اضطراری جهت مهار سیل است و در آن تمام یا قسمتی از جریان توسط سیلابروی کمربندی از محدوده مورد نظر در مجاورت رودخانه خارج شده و مجددا در محل مناسب به همان رودخانه یا مسیل حوضه آبریز دیگر و یا به استخرهای تاخیری ریخته می شود .

♦ **اصلاح مسیر :** سلسله عملیاتی که موجب افزایش مقطع رودخانه و سرعت جریان شده و متعاقبا ظرفیت انتقال آب را به میزان قابل توجهی افزایش و زمان تمرکز سیلاب را کاهش می دهند . این روش با اصلاح هندسی مسیر با ایجاد میانبرها و حذف قوسها ، اصلاح ساختار هیدرولیکی مقاطع و هدایت جریان در مقاطع هیدرولیکی مناسب ، تثبیت و کنترل شاخه های پر رسوب و تثبیت بستر ، کناره ها و شیبهای ناپایدار انجام می گیرد .

◆ تغذیه مصنوعی منابع آب زیر زمینی :

در این روش از سیلاب جهت تغذیه سفره آب زیر زمینی استفاده می شود . تغذیه مصنوعی به روشهای گوناگونی از جمله پخش سیلاب در اراضی نفوذپذیر ، روش القایی در خاکهای اشباع به کمک پمپاژ آب از سفره های زیر زمینی و ایجاد فضای لازم در لایه های خاک جهت نفوذپذیری جریان سیلابی و روش استفاده از چاه تزریق انجام می گیرد .

◆ مهار آب با آب

روش مهار آب با آب استفاده از یک تکنولوژی نسبتا جدید است که در آن از ورقهای لاستیکی برای ایجاد سدهای لاستیکی لوله ای شکل در امتداد رودخانه با ضخامت و مشخصات فنی محاسبه شده ، استفاده می گردد . در این روش ورقهای لاستیکی تا شده در کناره ها بر روی سکوهایی بتنی مناسب به شکلی کارگذاری می گردد که هنگام وقوع سیلاب آب وارد این ورقها شده و با ایجاد تورم موجب لوله ای شدن ورقها و افزایش ارتفاع آن تا ۱۰ متر می گردد . متعاقبا افزایش ارتفاع لوله همانند یک سد از لبریز شدن جریان از کناره های رودخانه جلوگیری می نماید . (کارآموز ، ۱۳۷۶)

۱-۴-۲- روش غیر سازه ای :

روشهای غیر سازه ای در مدیریت سیل در برگیرنده آن بخش از فعالیتهایی است که برای رفع یا تسکین اثرات تخریبی سیلاب بوده و در این حالت ، سازه های فیزیکی احداث نمی شود . اقدامات غیر سازه ای متعدد بوده و همیشه لازم است که با شرایط محلی انطباق داشته باشند . این روشها معمولا در دو گروه اساسی زیر طبقه بندی می شود :

◆ تمهیدات برنامه ریزی شامل : پیش بینی سیلاب ، هشدار سیل ، کنترل و گسترش

سیلابدشت ، بیمه سیلاب ، تصمیم گیری و اطلاع رسانی و آموزش عمومی ، منطقه

بندی سیلابدشت و تعیین مناطق ممنوعه در حریم رودخانه که یک روش کاملاً مدیریتی است .

◆ تمهیدات مقابله ای شامل : برنامه ریزی جهت مقابله با شرایط اضطراری ، دفع اشیاء بازدارنده جریان سیل از قبیل تنه درختان یا اشیاء شناور ، تسریع در حرکت اشیاء

شناور و تخلیه آن از روی سرریزها و بندها ، تخلیه ، اقدامات آبخیزداری و غیره

با توجه به اینکه تفاوت زیادی بین حوضه های آبریز رودخانه ها از لحاظ اقلیمی ، توسعه و توپو گرافی وجود دارد، نمی توان یک رهیافت استاندارد را برای استفاده از روشهای فوق پیشنهاد کرد . روشهای غیر سازه ای علاوه بر فراهم نمودن تمهیداتی قبل از وقوع سیل ، در هنگام بروز آن و یا حتی پس از آن نیز اقداماتی را جهت حداقل کردن خسارت پیش بینی می کند .

تمهیدات غیر سازه ای کاهش خطرات سیل باید به عنوان جزء لاینفک طرح ها و پروژه های حفاظتی مورد توجه قرار گیرد. انجام این مهم مستلزم برنامه ریزی و دانش حرفه ای و حمایت کامل مناطق در معرض خطر و بالاترین مقام های اداری و قانونی مربوطه می باشد. در تمهیدات غیر سازه ای مقابله با سیل مهمترین وجه، آمادگی همه جانبه در نیروی انسانی، در دست بودن ابزارهای فنی و منابع پشتیبانی مقامات مسئول مربوطه و مشارکتهای مردمی است.

روشی که برای مهار سیل در نظر گرفته می شود و میزان محافظتی که باید انجام شود به نتایج تحلیل هزینه - سود ، بر اساس مطالعات فراوانی سیل و نیز اهمیت منطقه بستگی دارد . به بیان دیگر ، هرچه احتمال وقوع سیل در منطقه بیشتر باشد ، با بررسی گزینه های موجود برای کنترل سیل و هزینه های هر یک از این گزینه ها ، تحلیل های اقتصادی انجام می شود . با تفسیر نتایج تحلیلهای اقتصادی و مقایسه بین هزینه های طرح و میزان محافظتی که طرح می تواند داشته باشد و سود پروژه، برای منطقه مورد نظر تصمیم گیری و برنامه ریزی صورت می پذیرد .

۱-۲- مروری بر مطالعات کنترل سیل

پرتانی و همکاران (۱۳۸۴) در یک تحقیق به بررسی سازه های کنترل سیلاب شهری و معیارهای طراحی زهکش های برون شهری پرداخته اند. این مقاله با معرفی انواع روشهای مهار سیل از جمله روشهای سازه ای و غیر سازه ای و روش تلفیقی ، به تکنیکهای اندازه گیری خسارات سیل از جمله روش EAD پرداخته است و با مقایسه تاثیر روشهای مختلف بر توابع EAD در کاهش خسارات سیل اینطور نتیجه گیری شده است که تاثیر روشهای سازه ای از جمله سیل بند ، اصلاح مسیر و سد لاستیکی در تابع دبی - اشل تاثیر گذار بوده و در تابع خسارت - فراوانی و دبی - فراوانی تمام روشهای سازه ای تاثیر گذارند .

روغنی و همکاران (۱۳۸۲) روشی برای مکان یابی سطوح موثر بر دبی اوج سیل در حوضه های آبریز به منظور مدیریت مهار سیل و کاهش خسارات آن - بطور خاص حوضه رودک - ارائه دادند که در آن با استفاده از مفهوم نمودار مساحت - زمان و بکارگیری مشخصات حوضه شامل شیب ، مساحت ، زمان تمرکز ، ضریب زبری و ضریب رواناب در یک مدل هیدرولوژیکی رفتار حوضه مورد واسنجی قرار گرفته است. با استخراج سطوح هم پیمایش به بررسی نحوه توزیع مکانی زیرحوضه ها پرداخته و نتایج نشان داد که با افزایش وسعت سطوح هم پیمایش از خروجی حوضه به بالادست و بخشهای میانی موجب افزایش تاثیر زیرحوضه ها در دبی اوج سیل می گردد . این تحقیق عنوان می کند که تمرکز روشهای آبخیزداری و مهار سیلاب بر اساس اولویتها و مناطق تعیین شده موجب کاهش هزینه های اجرا و نیز کاهش خسارات سیل می گردد .

Khalequzzaman (۲۰۰۵) در مقاله ای به روشهای مهار سیل در بنگلادش پرداخته است و با بررسی سیلهای واقع شده در یک دهه اخیر و منشا آنها به ارائه راهکارهای غیر سازه ای جهت مهار سیل می پردازد. در این تحقیق اینطور عنوان شده که روشهای سازه ای مانند خاکریزهای احداث شده در مسیر رود نتوانسته مشکل سیل را بخوبی حل کند و درنظر گرفتن فاکتورهایی که در دراز مدت بر سیل تاثیر دارند ضروری به نظر میرسد مثل فرسایش خاک ، بالا آمدن نسبی سطح دریا، انباشتگی ناکافی

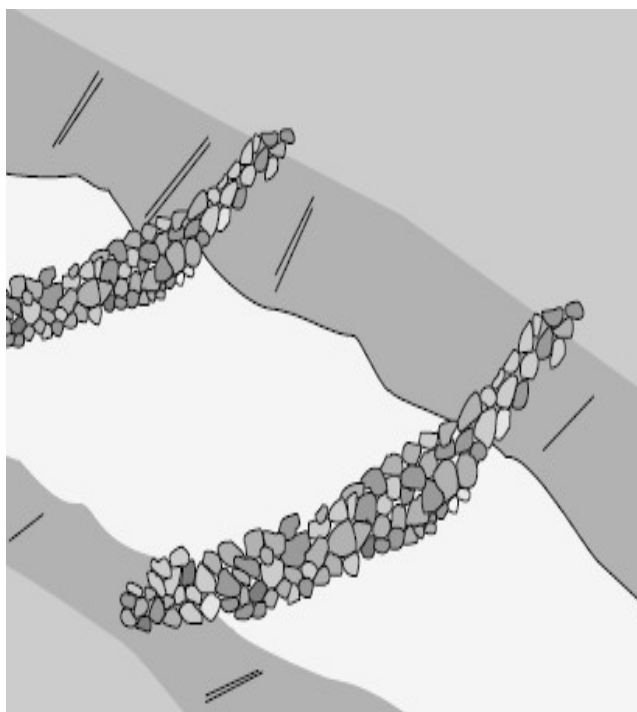
رسوبات ، نشست زمین و متراکم شدن خاک. برای کاهش اثرات سیل روشهای آبخیزداری در جهت کاهش رواناب ، افزایش ظرفیت زهکشی آب و بالا بردن سطح زمین کارایی بیشتری در بنگلادش دارند و پیشنهاد شده است که راهها و روستاها در تراز بالاتری ساخته شوند و از منطقه بندی سیلابدشتهها و لایروبی رودخانه ها و سپر کوبی کنار مسیر رودها و نیز سیستمهای هشدار دهنده استفاده شود .

Minea و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی مهار سیل به روشهای سازه ای و غیر سازه ای در حوضه آبریز رودخانه باسکا پرداخته اند که با استفاده از اطلاعات نقشه برداری و هواشناسی و هیدرولوژیکی موجود منطقه را تحت بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که استفاده از سازه های سنگی متشکل از صخره های نشست ناپذیر نقش مهمی در کنترل سیل دارد . روشهای سازه ای همچون اقدامات غیر فرسایشی و هیدروتکنیکی توام با روشهای غیر سازه ای نظیر تعلیم و آموزش جمعیت ، گسترش بیمه ، به روز کردن اطلاعات هواشناسی و اخطار سیل در این حوضه آبریز توصیه شده است مخصوصا در نواحی میانی و قسمتهای پایینی حوضه آبریز باسکا . اقدامات غیر سازه ای به عنوان مکمل روشهای سازه ای در مهار سیل و کاهش خسارات آن در منطقه یادشده کارایی خوبی دارد .

عطایی فر (۱۳۸۸) در مقاله ای به انواع روشهای مهار سیل در کشور ژاپن اشاره کرده است و تصویب قوانین و مقررات در راستای مدیریت بحران سیل و اجرای طرحهای کنترل رواناب در محدوده های شهری و احداث سدها و خاکریزها را از عوامل موفقیت ژاپن در خصوص مهار سیل عنوان می کند . در این مقاله آمده است که در کشور ژاپن بهره برداری از ۲۰۰۰ سد با ۳۲ میلیارد مترمکعب ظرفیت واحداث حوضچه های تاخیری در مناطق شهری ، تونل ها و مخازن زیر زمینی تنظیم کننده به عنوان راهکارهای سازه ای و استفاده از سیستمهای ماهواره ای و جهانی پیش بینی سیل (GFAS)^۷ ، وضع قوانین و تامین اعتبارات طرحهای مدیریتی مهار سیل به عنوان راهکار های غیر سازه ای ، مورد توجه

⁷ Global Flood Alert System

قرارگرفته است تا بتواند در این کشور که ۵۰٪ جمعیت و ۷۵٪ اموال و دارایی ها در مناطق سیلابدشتی هستند را به نحو مطلوبی از خسارات سیل مصون بدارد .



۱-۳- چک دم (check dam)

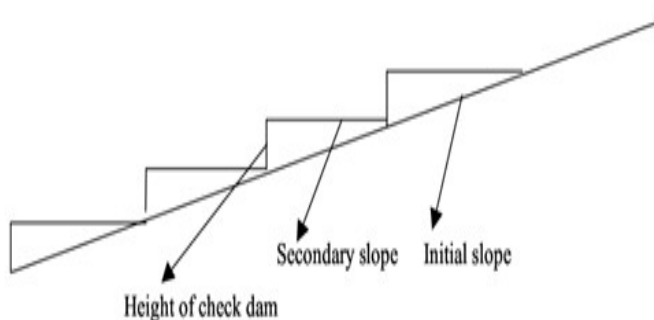
نوعی از سدهای کوچک که برای کنترل سیل کاربرد دارد " چک دم " نامیده می شود. در شکل ۱-۶ نمونه ای از اجرای چکدم ها دیده می شود. چک دمها ، سدهای کوچک با سازه های بسیار ساده و نسبتا کم هزینه هستند که در مناطق با جریانات متمرکز کاربرد دارند و به خاطر اینکه به مصالح و

تکنولوژی خاصی نیاز ندارند ، بسیار

کاربردی هستند .طراحی و اجرای چکدمها پیچیدگی خاصی نداشته و با هزینه های کمی ساخته می شوند . در مقایسه با دیگر تمهیدات سازه ای کنترل سیلاب مثل سد سازی ، که هزینه و زمان زیادی نیاز دارند ، این روش با سرعت اجرای بیشتر و هزینه های کمتری جوابگوی نیازهای حفاظتی در مناطق پرمخاطره خواهد بود. درمهندسی هیدرولیک عمده ترین استفاده از چک دمها کاهش شیب بستر رود و کاستن سرعت جریان است و تعداد مناسب چک دمها بر اساس اهداف پروژه و نیز میزان هزینه ها تعیین خواهند شد.

با توجه به ویژگیهای زیست محیطی و جوی منطقه ، تراکم و تمرکز جمعیت در بخشهای مختلف و ملاحظات و اهمیت اجتماعی، فرهنگی ،تاریخی، سیاسی و غیره ، ضرورت احداث بندهای کنترلی در هر ناحیه بررسی می گردد و در واقع این مسائل از جمله اهداف ساخت چکدمها می تواند باشد .

ارتفاع چک دمهای طراحی شده بر تعداد آنها و در نتیجه کل هزینه ها تاثیر خواهد داشت و هر چه ارتفاع چک دمها بیشتر باشد از تعداد آن کاسته می شود ، هر چند محدودیتهایی برای ارتفاع آنها وجود دارد و بطور کل ارتفاع آنها به ناحیه موثر بالادست و عمق کانال و نوع چک دم وابسته است. در مناطق با سرعت کم جریان ، آب در پشت چک دمها جمع شده و سپس از طریق تراوش یا تبخیر خارج می شود. در مناطق با سرعت بالای جریان، آب از میان یا روی بدنه عبور می کند که این به نوع چکدم بستگی دارد.



شکل ۷-۱- نحوه قرارگیری چکدمها

فاصله چکدمها باید به نحوی باشد که پنجه سد بالادست در تراز قسمت بالایی سد پایین دست باشد. (شکل ۷-۱) .
ضوابط و آیین نامه های طراحی و ساخت و اجرای چکدمها به جزئیات بیشتری درباره چکدمها می پردازد که در پیوست شماره ۱

به آیین نامه ها و در بخش ۱ به بحث چکدمها به طور مفصل پرداخته شده است .

۴-۱- سوابق مطالعات درباره چک دمها

تاکنون درباره مهار سیلاب توسط چک دمها تحقیقات کمی انجام شده است و بیشترین تحقیقات انجام شده در مورد این سازه ها مربوط به کاربرد چک دم در کنترل رسوب و فرسایش بوده است احداث چک دمها سابقه باستانی و تاریخی دارد و در بررسی های مختلف ردپای اجرای آن در قرون گذشته نیز دیده می شود .

در زمانهای دور در کشور چین در کناره های رودخانه زرد سیل بندهای طولی احداث گردید. تصور سازندگان این سیل بندها این بود که با محدود کردن رودخانه ، احداث سیل بندها موجب افزایش سرعت و فرسایش و عمیق تر شدن بستر می شوند و در نتیجه گذردهی رودخانه افزایش می یابد. بر

خلاف تصور اولیه، احداث سیل بندها موجب بالا آمدن بستر رودخانه گردید و بجای آن در گستره وسیعی رسوب گذاری شود این امر در محدوده سیل بندها صورت می گرفت. با بالا آمدن بستر رودخانه اجبارا ارتفاع سیل بندها نیز افزایش یافت و پس از ۴۰۰۰ سال بستر رودخانه در برخی نقاط به حداکثر ۲۱ متر بالاتر از دشتهای اطراف رسید. در سال ۱۸۸۷، یکی از بدترین سیلابهای تاریخ در این رودخانه بوقوع پیوست و یک میلیون نفر در اثر این سیلاب کشته شدند. سیل بندهایی که در قرون وسطی در رودخانه های پو، دانوب، راین، رون و ولگا احداث شده اند، در قرن بیستم با برنامه احیای جنگلها واحداث مخازن تقویت شده اند. مصریها هزاران سال از سیلابها برای افزایش حاصلخیزی اراضی کشاورزی استفاده کرده اند. زیرا رسوباتی که بر روی اراضی ته نشین می شود موجب غنی شدن خاک می شود. (Angus M. Gunn, ۲۰۰۷)

Chung-Ming.L (۱۹۹۲) در مقاله ای به بررسی اثرات چکدمها در تثبیت کانال بالادست در شمال شرقی تایوان پرداخت، نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین سالانه رسوبات انباشته شده در چکدمها بین ۵.۴۳ تا ۵۸.۷۸ مترمکعب بوده و این امر موجب کاهش شیب کانال و افزایش عرض آن می گردد و در دراز مدت چکدمها با انباشت رسوبات می توانند در تثبیت کانالها موثر و مفید واقع شوند.

بررسی استفاده از سیستم چک دم در دره های کوچک (مجراها) بعنوان موثرترین اقدام برای حفاظت آب و خاک در منطقه loess plateau توسط xu Xianngzhou و همکاران (۲۰۰۴) مطرح گردید که در آن ناحیه مورد مطالعه ۳۰ درصد از فلات چین و ۲۰۰ هزار کیلومتر مربع از مساحت آن را پوشش می دهد که بطور جدی در معرض پدیده فرسایش آب و خاک قرار گرفته بود. بعنوان یک اقدام رایج مهندسی اجرای چکدم در مجراها موثرترین راه جهت حفظ آب و خاک در این ناحیه است. طبق شرایط موجود در منطقه loess plateau، ۶۷۵۸ مجرا و دره مناسب جهت ساخت چکدم وجود دارد که شامل ساخت ۲۴۲ هزار چکدم می گردد. ناحیه مورد مطالعه در قسمت فوقانی و میانی رودخانه زرد قرار دارد. راه اساسی برای جلوگیری از ریختن رسوبات در رودخانه زرد کنترل گالی هاست،

سیستم چکدمها بطور خاص بزرگترین پروژه مهندسی جهت استحکام گالی ها و تحت کنترل در آوردن فرسایش خاک است. از سوی دیگر رسوبات عظیمی که در حوضه های کوچک پشت چکدمها جمع می شود مزارع حاصلخیزی را بوجود میاورد و در واقع وجود چکدمها رودخانه زرد را از ریزش رسوبات حفظ می کند. بنابراین منافع اجتماعی آنها قابل ملاحظه است .

کارایی و تاثیر ژئومورفولیکی^۸ چکدمها در کنترل فرسایش خاک در یک حوضه مدیترانه ای نسبتا کم آب موریکا توسط J.A. Navarro Cano و همکاران (۲۰۰۷) بررسی شد. ساخت وساز چکدمها (سازه های تراس بندی شده) یک روش رایج برای پایدار کردن گالی ها و رودهای زودگذر جهت کاهش شکاف کانال و بهبود رسوبات پایین دست ، در نواحی مدیترانه ای اسپانیاست . در این مقاله کارایی چکدمها و اثر مورفولوژی آن در کانالهای موقت در حوضه نسبتا کم آب و پست نامبرده بررسی و تحقیق شده است. منطقه مورد مطالعه یک ناحیه فرسایشی فعال است که به دلیل وجود مصالح سست فرسایشی مثل خاک آهکدار و رسوبات کواترنری و پوشش گیاهی کم پشت ، احتمال فرسایش زیاد است . نتایج نشان داد که چکدمها رسوب و فرسایش داخل کانال را کنترل می کنند و برای لایروبی آبراهه بالادست و فرسایش پایین دست درحد مطلوبی مناسب و کاربردی هستند . در طی بارش سیل وار رود مقادیر زیادی از رسوبات بالادست چکدمها باعث کاهش شیب طولی و کاهش سرعت جریان آب می شود ، بنابراین در بالادست چکدم کانال تثبیت می شود . البته کاهش ظرفیت کانال می تواند زمینه مساعدی جهت فرسایش جانبی یا طغیان آب باشد .

یک رابطه منطقی برای طراحی چکدمهای شکافدار جهت کنترل جریانات گل ولای دار و آشغالدار توسط Armanini.A و همکاران (۲۰۰۱) ، ارائه شد. روش ارائه شده بر اساس طرح پیشنهادی توسط نویسندگان آن برای حالت عادی انتقال رسوب و بر اساس توازن فاز مایع و جامد جریانات آشغالدار و جریانات گل ولای دار و براساس قانون بقای مومنتم می باشد. تئوری با برخی نتایج تستهای آزمایشگاهی که جریانات رسوبدار را در مقیاس کوچک مدل کرده اند ، مقایسه شده است و نتایج

^۸ geomorphology علمی که درباره برجستگی های سطح زمین و علل پیدایش آن بحث می کند .

تجربی پیش بینی های تئوری را به درستی تصدیق می کند . در این مقاله توابعی برای چکدههای شکافدار برای کنترل جریانات رسوبدار و جریانات آشغالدار تشریح شده است و نویسندگان طرح پیشنهادی موجود برای حالت عادی انتقال رسوب را به عنوان روشی برای حل مشکل طراحی چکدههای باز در زمانیکه سرعت عبور رسوبات از حد عادی انتقال رسوب تجاوز میکند تعمیم دادند ، که این حالت اغلب در سیل‌های شدید مشاهده می شود .

تحقیقی که توسط Al-Weshah.R (۲۰۰۵) درمورد منطقه Petra در عمان انجام شده است به بررسی مدیریت آبخیزداری به عنوان ابزاری جهت کاهش سیل در این منطقه پرداخته است و از مدل WMS^۹ استفاده کرده است . نتایج این تحقیق تغییر درصدی نسبی پیک جریان ، زمان رسیدن به پیک ؛ حجم سیل در رودها با دوره بازگشت ۱۰ تا ۱۰۰ ساله را ارزیابی کرده است . در این تحقیق مشخص شد که تراس بندی و ساخت چک دمها بیش از ۶۰ درصد کاهش در پیک سیل و در حدود ۳۰ درصد کاهش در ورودی siq ایجاد می کند که نسبت به ساخت سدهای ذخیره ای که بسیار پرهزینه اند (و به همان اندازه در کاهش پیک سیل تاثیر دارند و ۳۰ تا ۵۰ درصد حجم سیل را در طوفان کاهش می دهند) ، بسیار مناسب هستند و به نظر می رسد که ساخت آنها در این منطقه که سابقه تاریخی و باستانی دارد، ضروری است .

تحقیق دیگری نیز در سال ۲۰۰۷ در اتیوپی در رابطه با سیستمهای پیش بینی و هشدار سیل (FFEWS) انجام شده است که یکی از راهکارها را ساخت چک دم به منظور تاخیر در رسیدن سیل به پایین دست عنوان کرده است.

^۹ Watershed Modeling System

۱-۵- هدف از مطالعه ، سوالات اساسی مطرح شده :

در این تحقیق مهمترین مسئله ای که مطرح می شود ، امکان سنجی استفاده از چکدمها برای کاهش خصوصیات سیل در منطقه کوهستانی مورد تحقیق - حوضه کن در شمال غرب شهر تهران - می باشد .. سوالات اساسی این تحقیق عبارتند از :

۱- تاثیر استفاده از چکدمها در هیدروگراف سیل خروجی و در روند یابی سیل در مخزن چه می باشد ؟ و به بیان دیگر استفاده از چک دم تا چه حد در میزان دبی اوج خروجی^{۱۰} و در زمان رسیدن به اوج^{۱۱} تاثیر دارد ؟ آیا کاهش دبی اوج در حد مطلوبی خواهد بود ؟ آیا استفاده از چکدمها می تواند زمان رسیدن به اوج را بمیزان لازم به تاخیر بیندازد ؟

۲- تعداد چکدمهای مورد نیاز و بهینه در زیر حوضه های حوضه کن برای کنترل سیل و کاهش خصوصیات هیدروگراف خروجی از آن چه تعداد است؟

۳- با توجه به تعداد چکدمهای مورد نیاز و با در نظر گرفتن تاثیر چکدمها در کنترل سیل و کاهش دبی اوج و افزایش زمان رسیدن به اوج ، آیا استفاده از گزینه چکدم منطقی و اقتصادی خواهد بود؟

در فصل بعد حوضه کن معرفی می گردد و علت اهمیت زیر حوضه نامبرده جهت کنترل و مهار سیل و سوابق مطالعاتی که در این منطقه انجام شده است ، بیان خواهد شد . سپس در فصل سوم با عنوان روش تحقیق با معرفی نرم افزارهای به کار گرفته شده به تشریح روند مدلسازی خواهیم پرداخت و انواع مدل‌های ایجاد شده تبیین می گردد . در فصل چهارم نتایج حاصل از انواع مدلسازیها ارائه شده و در خصوص هر سری از نتایج به بحث و تفسیر خواهیم پرداخت و در آخر به جمع بندی کلیه نتایج و مقایسه آنها می پردازیم و به سوالات مطرح شده فوق پاسخ خواهیم داد .

¹⁰ Peak discharge

¹¹ Time To Peak

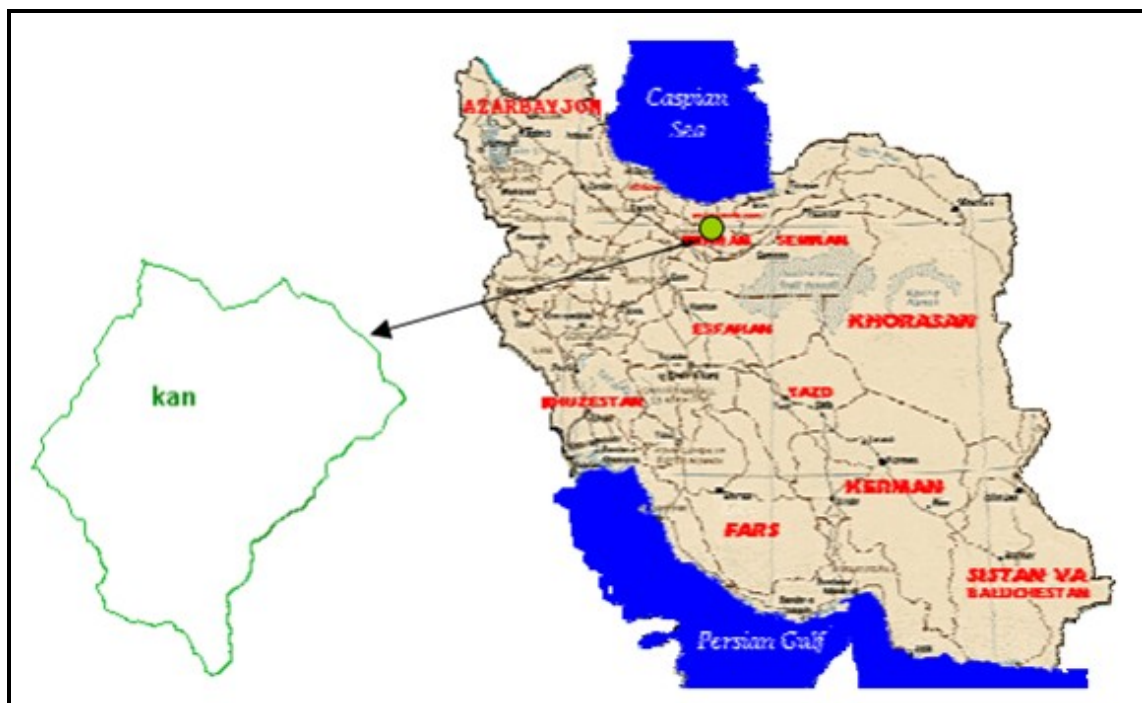
فصل دوم

معرفی حوضه آبریز کن

(Kan Watershed)

۲-۱- معرفی حوضه آبریز کن

حوضه آبریز کن در شمال تهران، منطقه‌ای به وسعت تقریبی ۲۱۵ کیلومتر مربع است که با حوضه آبریز حصارک در غرب و حوضه آبریز جاجرود در شمال و شمال شرق آبگیر سد کرج در شمال و شمال غربی، حوضه آبریز وردیج در شرق و شهر تهران در جنوب مرز بندی شده است.

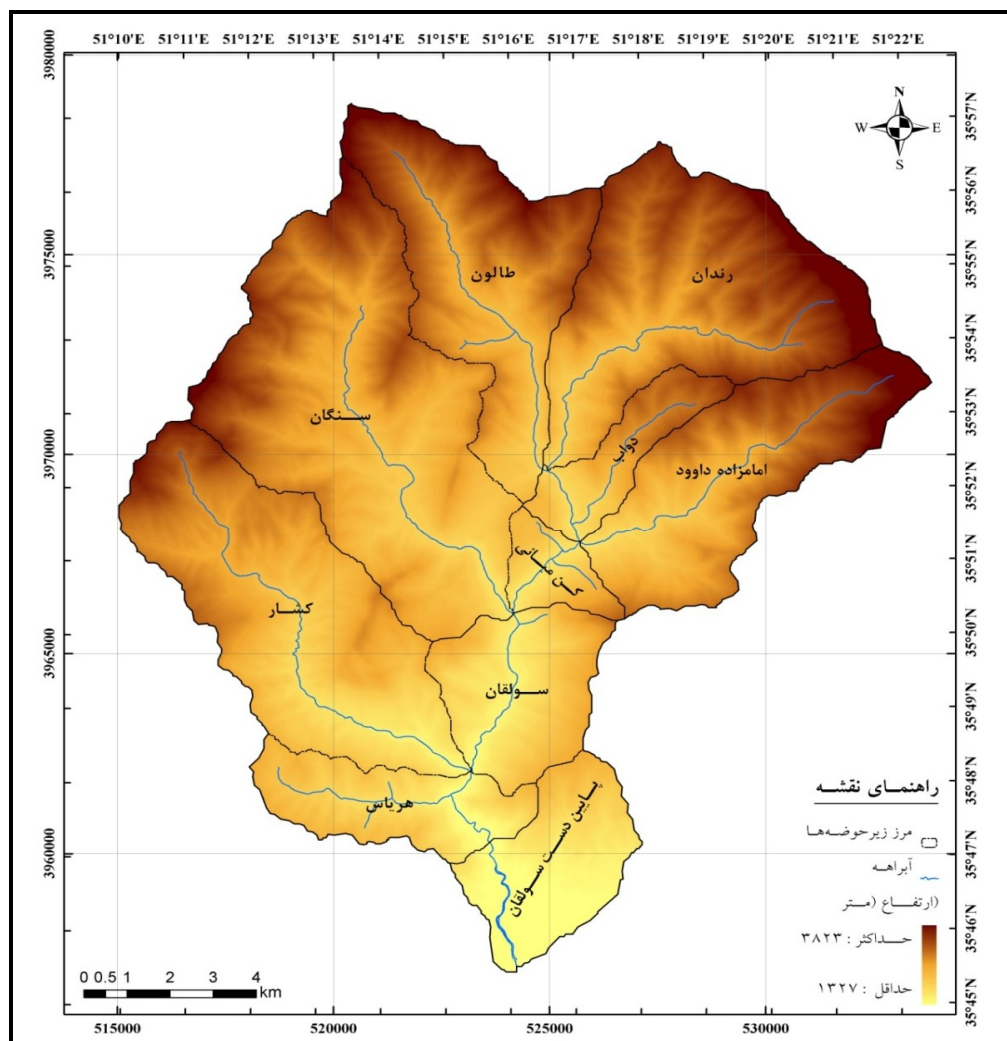


شکل ۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه کن

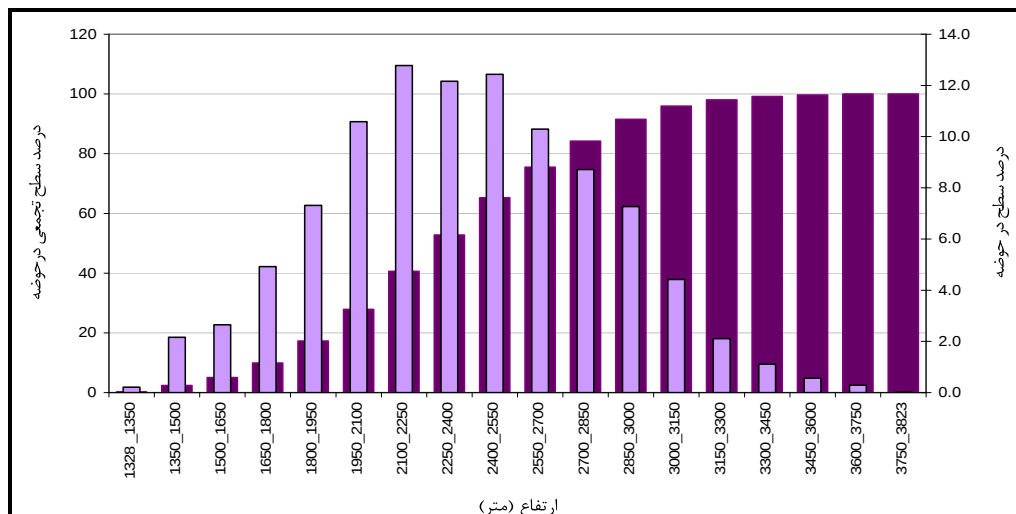
این منطقه در عرض جغرافیایی $35^{\circ} 49' 45''$ تا $35^{\circ} 11' 57''$ شمال و طول جغرافیایی $51^{\circ} 53' 09''$ تا $51^{\circ} 29' 22''$ شرق قرار دارد. منطقه کن به لحاظ نزدیکی به پایتخت و در بر داشتن اماکن تفریحی و زیارتی مورد توجه است. بقعه مبارکه امامزاده داود که یک مکان زیارتی است در این منطقه واقع شده است و نیز باغها و مکانهای تفریحی کن و سولقان در شمال تهران در همین حوضه واقع شده اند. حوضه آبریز کن در یک منطقه کوهستانی با شیبهای تند قرار دارد که ۷۵٪ از کل آن شامل شیبهای بسیار تند بوده و اختلاف تراز بین بالاترین و پایین ترین نقطه حدودا ۲۵۰۰ متر است که رقوم بالاترین نقطه ۳۸۲۳ متر بوده و پایین ترین نقطه در محل خروجی اصلی در تراز ۱۳۲۷

متری است. این عوامل موجب سیل‌های تندی می‌شود. میانگین شیب در حدود ۴۰٪ است. نقشه رقوم ارتفاعی در شکل ۲-۲ نمایش داده شده است. رابطه توزیع فراوانی نسبی و توزیع تجمعی ارتفاع با مساحت کل در نمودار شکل ۳-۲ مشخص شده است.

منطقه مورد مطالعه به ۱۰ زیر حوضه اصلی به نام‌های طالون، رندان، سنگان، کشار، امامزاده داوود، دواب، هریاس، کن میانی و سولقان و پایین دست سولقان تقسیم می‌شود. در شکل ۲-۲ این تقسیمات مشخص می‌باشد. در جدول ۱-۲ مشخصات زیر حوضه‌ها آمده است:



شکل ۲-۲- نقشه مدل ارتفاعی رقومی و مرز زیرحوضه‌های کن



شکل ۲-۳- نمودار توزیع فراوانی نسبی و توزیع تجمعی ارتفاع با مساحت کل

جدول ۲-۱- مشخصات زیرحوضه‌های حوضه کن

ردیف	نام زیر حوضه	مساحت (km ²)	محیط (km)	طول مستطیل معادل (km)	عرض مستطیل معادل (km)
۱	طالون	۲۶.۵۶	۲۹.۸۳	۱۲.۷	۲.۱
۲	رندان	۳۳.۶۱	۲۷.۷۴	۱۰.۶	۳.۲
۳	امامزاده داوود(ع)	۲۳.۷۸	۲۵	۱۰	۲.۴
۴	دوآب	۷.۱۹	۱۵.۲۷	۶.۵	۱.۱
۵	سنگان	۴۷.۴۳	۳۶.۱۳	۱۴.۷	۳.۲
۶	کشار	۳۴.۷۸	۲۹.۲۵	۱۱.۵	۳
۷	هریاس	۱۱.۴۴	۱۸.۵۸	۷.۷	۱.۵
۸	کن میانی	۴.۴۰	۹.۸۹	۳.۷	۱.۲
۹	سولقان	۱۳.۶۷	۱۵.۶۸	۵.۱	۲.۷
۱۰	پایین دست سولقان	۱۲.۸۹	۱۶.۲۱	۵.۸	۲.۲
۱۱	کل حوضه کن	۲۱۵.۸۴	۷۳.۷۶	۲۹.۲	۷.۴

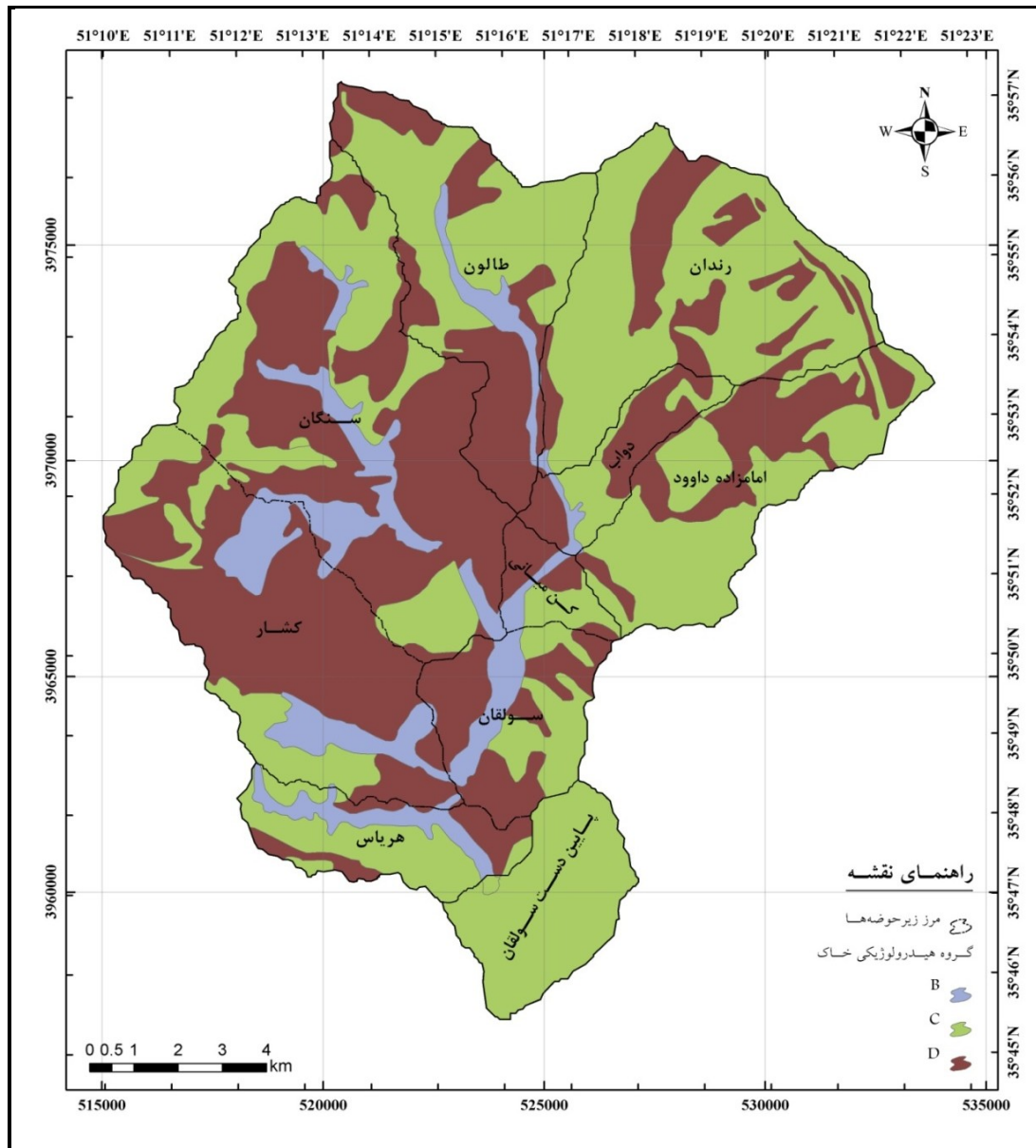
از بین این زیر حوضه ها امامزاده داوود تندترین و کشار ملایمترین شیب را دارد. رودخانه اصلی که کن نامیده می شود از زیر حوضه طالون شروع و تا پایین دست سولقان که خروجی اصلی آن است به طول ۲۴.۶۵ کیلومتر ادامه می یابد .

طبق جدول شماره ۲-۲ خاک منطقه برحسب نفوذپذیری در رده های A تا D طبقه بندی می شود و نوع خاک و پوشش زیر حوضه مقدار CN هر زیر حوضه را مشخص می کند .

جدول ۲-۲- رده بندی خاک بر حسب میزان نفوذپذیری (علیزاده ، ۱۳۸۹)

گروه	حد اقل نفوذپذیری (میلی متر در ساعت)
A	۷/۵-۱۱/۵
B	۳/۸-۷/۵
C	۱/۳-۳/۸
D	۰-۱/۳

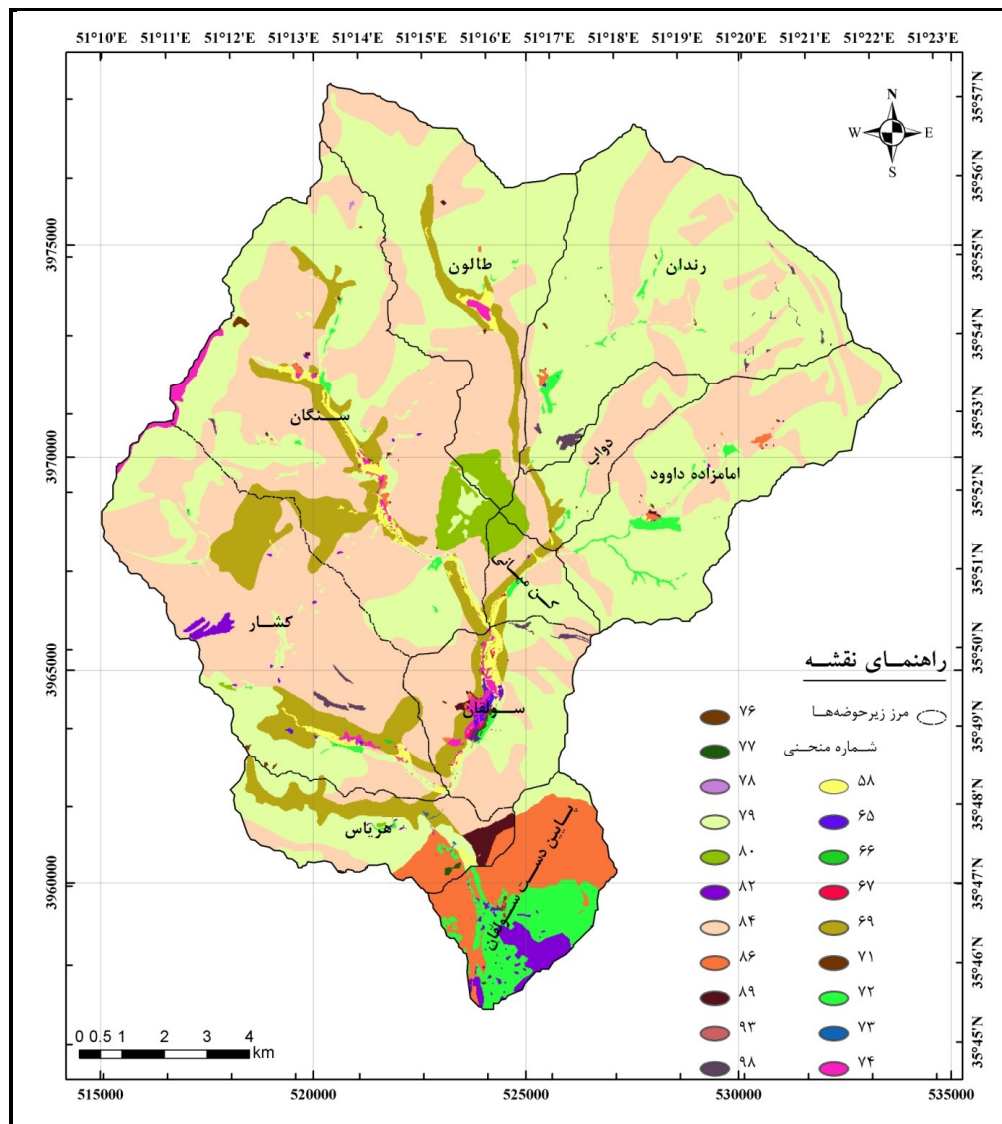
نقشه زیر (شکل ۲-۴) گروه هیدرولوژیکی خاک این ناحیه را نشان می دهد . همانطور که این شکل پیداست خاک نوع B مساحت کمی را تشکیل می دهد و خاک نوع C,D قسمتهای بیشتری را تحت پوشش دارد . بنابر این نفوذ پذیری خاک منطقه کم بوده و در صورت بارش باران یا ذوب برف مقدار کمی از بارش جذب زمین می شود و احتمال وقوع رواناب زیاد می باشد. از طرفی منطقه مورد مطالعه یک منطقه کوهستانی با شیبهای تند است . مجموعه این عوامل مقدمات وقوع سیل در منطقه را فراهم می کند و به همین دلیل این حوضه ، نیاز به بررسی های بیشتر و مطالعات دقیقتر و جامع تر در خصوص کنترل و مهار سیلاب دارد .



شکل ۲-۴- نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک حوضه کن (مرکز تحقیقات آب ایران)

در شکل ۲-۵ عدد منحنی^{۱۲} در نقاط مختلف حوضه مشخص شده است که در جدول شماره ۲ پیوست این ضرایب به تفکیک در زیر حوضه های منطقه کن آمده است.

¹² Curve Number



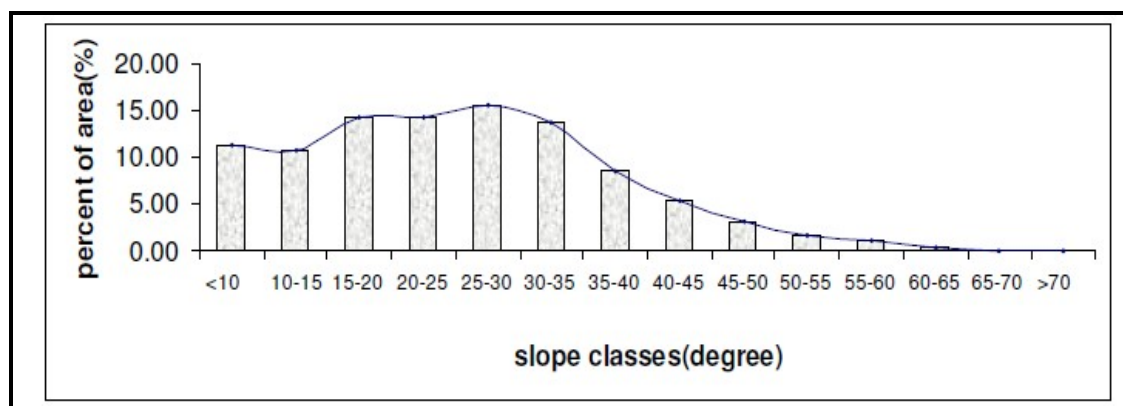
شکل ۲-۵- نقشه ضریب CN حوضه کن (مرکز تحقیقات آب ایران)

۲-۲- سوابق سیل و مطالعات کنترل سیل در حوضه کن

در سال ۱۳۶۶ سیلی با خسارات فراوان در شمال تهران رخ داد که همین امر توجه متولیان امر را به خود معطوف داشت. این مسئله زمینه های اجرای یک پروژه کنترل سیلاب را ایجاد کرد. در آن زمان یک پروژه با هزینه ۱.۲ میلیون دلار برنامه ریزی شد و ابتدا پیشنهاد داده شده بود که در تمامی انشعابات و شاخه ها چک دم ساخته شود تا شیب و در نتیجه اوج سیل را در زیر حوضه ها و خروجی

اصلی کاهش دهد. اما پس از آن مذاکراتی انجام شد تا تعداد مناسب چک دمها و نیز محل مناسب ساخت آنها بررسی شود (روشنی ۲۰۰۳).

یکی از مهمترین فاکتورها در آنالیز سیل، شیب است. این منطقه کوهستانی بوده و احتمال ذوب برف وجود دارد و از طرفی شیبهای آن عموماً تند است. همانطور که در شکل ۲-۶ مشخص است شیب اکثر مناطق کن در بازه ۱۰ تا ۳۵ درجه بوده و شیب ۴۰ تا ۵۰ درجه کمتر و شیب بیش از ۵۰ درجه نیز در نقاط بسیار اندکی دیده شده است.



شکل ۲-۶- پراکندگی درجات شیب در حوضه کن (فاطمی قمی، ۲۰۰۳)

در یک تحقیق حوضه آبریز کن از حیث جریانانی که گل ولای و رسوبات را حمل می کنند مورد بررسی قرار گرفت و با تفسیر عکسهای ماهواره ای نقشه مناطق پرخطر تهیه گردید (فاطمی قمی، ۲۰۰۳). در این نقشه ۳ منطقه شامل: مناطق با ریسک خیلی زیاد، مناطق با ریسک متوسط و مناطق با ریسک کم مشخص گردید و از روش "Infinite Slope Analysis" برای پیش بینی ریسکهای آینده استفاده شد. آنالیز نشان داد که مقدار پتانسیل مصالح ناپایدار می تواند یک جریان رسوبدار را شکل دهد. هر چه شیبهای سنگریزه ای بیشتر باشد امکان حمل رسوب بیشتری وجود دارد. تنها اشباع جزیی خاک ممکن است موجب ناپایدار شدن شیب سنگریزه ای گردد. به عنوان مثال پس از یک دوره که برف زیادی ذوب شود، رواناب عظیمی رخ خواهد داد. حدود ۹۶٪ از

شیبهای سنگریزه ای در فاصله ای کمتر از ۱۴۰۰ متر تا رودخانه اصلی قرار گرفته اند و این پتانسیل ریسک پذیری این ناحیه را افزایش میدهد. با وجود شیبهای تند در صورت رخداد یک رواناب ، سیل بزرگی به راه می افتد و وجود شیبهای سنگریزه ای امکان ایجاد جریانات آشغالدار را افزایش داده و موجب فرسایش بیشتر می گردد .

روشنی (۲۰۰۳) برای ارزیابی اثر چک دمها در پیک سیل برای بهینه سازی اقدامات کنترل سیل در حوضه کن ، حداکثر جریان در هر یک از زیر حوضه ها یکبار با چک دمها و یکبار بدون آنها مدلسازی کرد و تاخیر زمانی هیدروگرافها را مورد بررسی قرار داد و برای شبیه سازی هیدروگراف جریان ورودی و خروجی از روش تعیین مسیر محدب استفاده شده است و معادله مانینگ جهت محاسبه پیک جریان پس از ساخت چک دمها بکار رفته است . آنالیز حساسیت برای دو گزینه کاهش پیک سیل و هزینه انجام شده است . نتایج نشان داد که در این حوضه اگر شیب تمام رودها توسط ساخت چک دمها کاهش یابد ، پیک سیل خروجی متناظر نیز در هر زیر حوضه کم می شود ، اما در همان لحظه پیک سیل در خروجی اصلی تغییر نمی کند یا حتی در برخی موارد افزایش اندکی نیز دارد . آنالیزها نشان داده اند که با کاهش شیب در انشعابهای سولقان و کشار ، پیک سیل خروجی اصلی در حدود ۱۰٪ افزایش خواهد داشت . پس می توان گفت که لزومی ندارد که هیدرو گرافها در زیر حوضه های نزدیک به خروجی اصلی به تاخیر انداخته شود . بزرگترین کاهش پیک جریان در خروجی حوضه ۳۱٪ است که با ساخت چک دمها در رود زیرحوضه رندان به دست می آید البته در صورتیکه تعداد چک دمها زیاد بوده و شیب را از ۹.۶٪ به ۲٪ کاهش دهد.

همانطور که ملاحظه می گردد مطالعاتی که تاکنون در خصوص اجرای چک دم انجام شده است بیشتر در زمینه کنترل رسوبات بوده است و به طور خاص در حوضه کن نیز استفاده از چک دم کمتر مورد توجه بوده است و حتی در تحقیق آقای روشنی نیز یک اشکال اساسی وجود دارد . در این تحقیق چک دمها در زیر حوضه های اصلی و در طول رودخانه اصلی قرار گرفته اند که برخلاف ضوابط موجود درباره چک دمها بوده و چک دمها باید در سرشاخه ها که جریان کمتری وجود دارد ساخته شوند،

بنابراین نتایج تحقیق را زیر سوال می رود. بهمین خاطر نیاز به مطالعات مجدد و دقیقتر در این حوضه ضروری به نظر می رسد . در این تحقیق کوشش شده است با استفاده از دستاوردهای پژوهشهای قبلی و مدلسازی های جدید به راهکارهایی جهت کاهش خسارات سیل در منطقه کن دست یافت.

فصل سوم

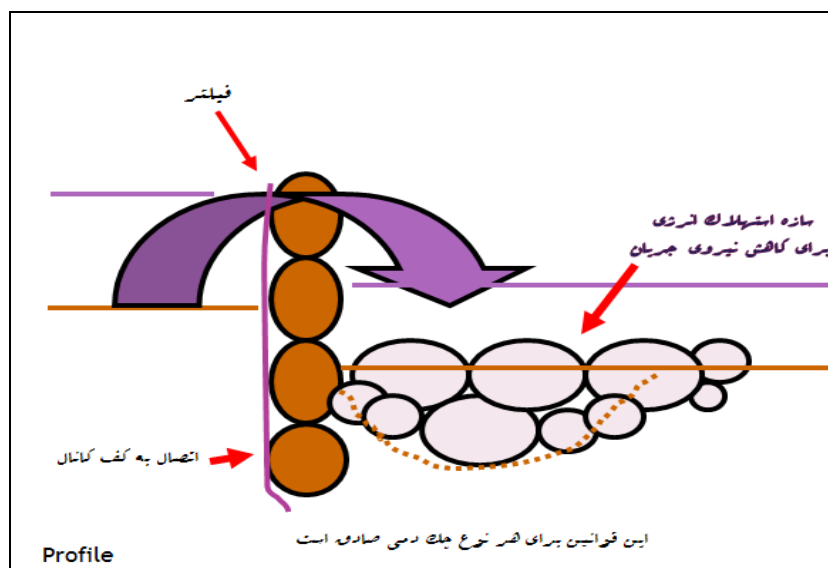
روش تحقیق

در این فصل روش تحقیق و نحوه انجام کار تبیین می گردد. نخست جزئیاتی در مورد چک دمها ، اجزای چک دم ، معایب و مزایای ساخت چک دمها و غیره ارائه شده و سپس نرم افزارهای مورد استفاده جهت مدلسازی حوضه آبریز کن معرفی می گردد و نحوه مدلسازی هیدرولوژیکی و مدلسازی هیدرولیکی و فرضیات آنها تشریح خواهد شد.

۳-۱- مقدماتی در مورد چک دمها :

۳-۱-۱- اجزاء چک دم

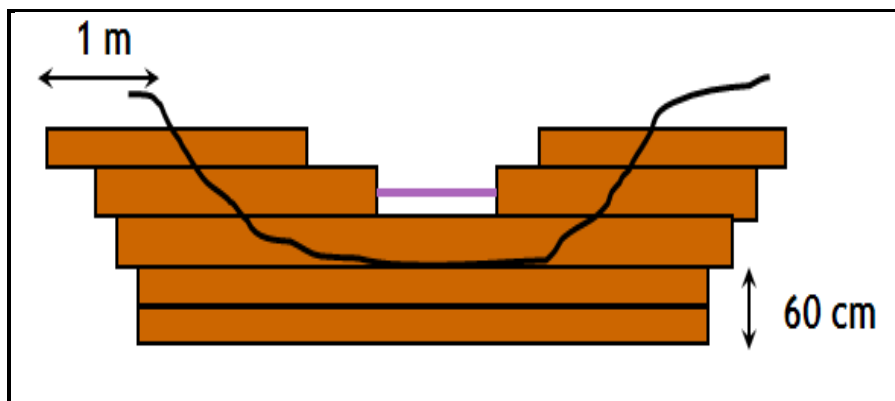
یک چک دم شامل بخشهای زیر است (شکل ۳-۱)



شکل ۳-۱- پروفیل یک چک دم

- مقطع کنترل
- سازه های استهلاک انرژی
- فیلتر و سرریز

- پی مناسب (باید به قسمت تحتانی کانال بطور مناسبی متصل باشد تا واژگون نگردد) ، حداقل اتصال به کف کانال ۶۰ سانتی متر و حداقل اتصال به کرانه کانال ۱ متر است
- تاج چک دم حداقل ۳۰ سانتی متر پایین تر از تاج کانال باید باشد. (شکل ۲-۳)
- اتصال مناسب با سواحل و کناره ها



شکل ۲-۳- نحوه اتصال چک دم به کف و کناره ها



شکل ۳-۳- نمونه ای از چک دم با مصالح سنگی

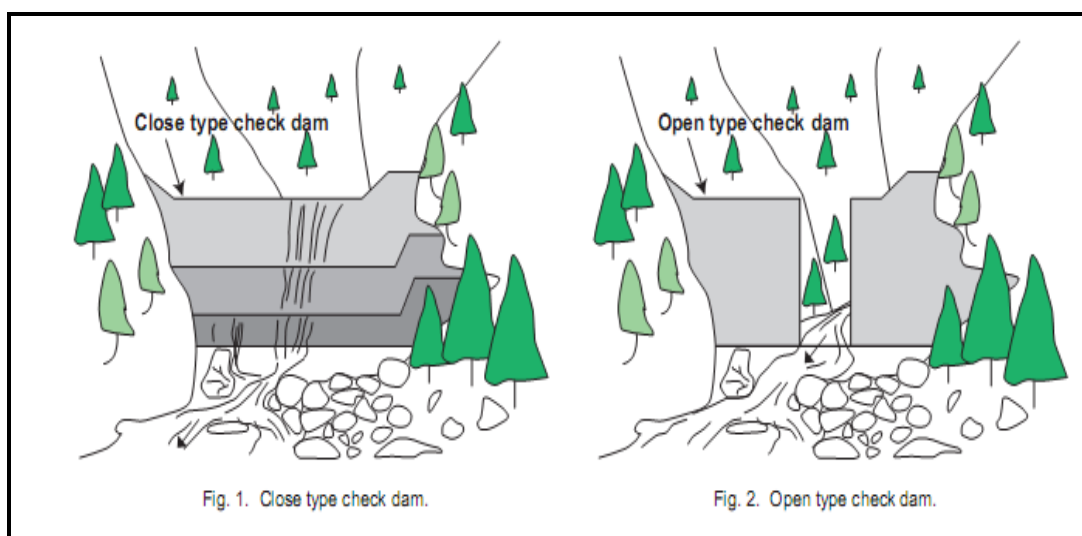
۳-۱-۲- انواع چک دم

نوع چک دمها به طور گسترده ای به مصالح در دسترس در محل بستگی دارد و گاهی مصالح را می توان از بستر رودخانه تامین کرد. انتخاب نوع مصالح، ابعاد، فاصله و ارتفاع این بندها به عوامل مختلفی نظیر منابع قرضه، شیب و ابعاد آبراهه، مقدار بارندگی و سطح حوضه بالادست بستگی دارد. انتخاب مناسب مصالح ابعاد و فاصله و ارتفاع بندها نقش مهمی در کاهش هزینه ها دارد. (نشریه ۴۱۶ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۷)

چک دمها در از یک دیدگاه کلی به دو نوع باز و بسته قابل تقسیم هستند. چک دمهای نوع بسته به لحاظ تله اندازی سیل و کاهش اوج آن عملکرد مطلوبی دارد زیرا میزان دبی عبوری از بدنه چکدم بسیار کم بوده و حتی نزدیک به صفر است و تنها زمانی که دبی جریان زیاد باشد آب از روی آن سرریز می شود. این چک دمها به صورت موانعی بر سر راه جریان قرار گرفته و همانند یک سد کوچک آب را در مخزن خود ذخیره می کنند، به این ترتیب تله اندازی سیل در این نوع از چک دم بیشتر است. اما به لحاظ زیست محیطی مناسب نیستند چون اولاً از حرکت ارگانیسهای زنده و آبیان ممانعت می کنند و آنها امکان حرکت و جابجایی بین بالادست و پایین دست را نخواهند داشت و ثانیاً دید مناظر بالادست و پایین دست را محدود می کنند. از طرفی پس از پایان سیل بایستی قسمت مخزن در بالادست تخلیه شود و اگر رسوباتی در آن جمع شده است، این رسوبات بایستی خارج گردد تا اگر سیل مجددی رخ داد حجم و فضای کافی برای روندیابی وجود داشته باشد و این مسئله در مورد رسوباتی که به مرور زمان همراه جریان حمل شده و پشت این نوع چک دمها انباشته میشود نیز به همین منوال است. برای رفع مشکل اول در برخی چک دمها کانالهایی برای عبور ماهی ها و غیره ایجاد می شود که تا حد زیادی مشکل را مرتفع می کند اما مشکل دوم همچنان پابرجاست. نوع باز چک دمها به این شکل است که پس از انجام محاسبات شکاف یا شکافهایی با عرض مشخص در مقطع چک دم ایجاد می شود که از یک طرف حرکت موجودات زنده آبی به بالادست و پایین دست را مقدور می سازد و دید مناظر را نیز حفظ می کند و از طرف دیگر عرض این شکافها به نحوی

طراحی می گردد که بتواند بطور مناسب و کافی سیل را تله اندازی کرده و اوج آن را کاهش دهد و موجب تاخیر در رسیدن سیل به مناطق پایین دست می شود. ذکر این نکته ضروری است که این نوع چک دمها بواسطه داشتن شکاف مشکل انباشت رسوبات در مخزن بالادست را ندارند. اما به دلیل وجود این شکافها حجم کمتری از سیل را تله اندازی می کنند . در شکل ۳-۴ نمونه ای از چک دمهای نوع باز و نوع بسته نشان داده شده است . (Hideaki, ۲۰۰۱)

از دیدگاه دیگری چک دمها در دو نوع دائمی و موقت ساخته می شوند . در این حالت با توجه به اهداف طرح ممکن است یک چکدم پس از پرشدن برچیده شود ، در این حالت یا ابعاد و سازه چکدم کوچکتر و کم هزینه تر طراحی می شود یا آنکه سیل بقدری بزرگ است که رسوبات انباشته شده زیاد بوده و لایروبی و تخلیه رسوبات هزینه های سنگینی دارد .



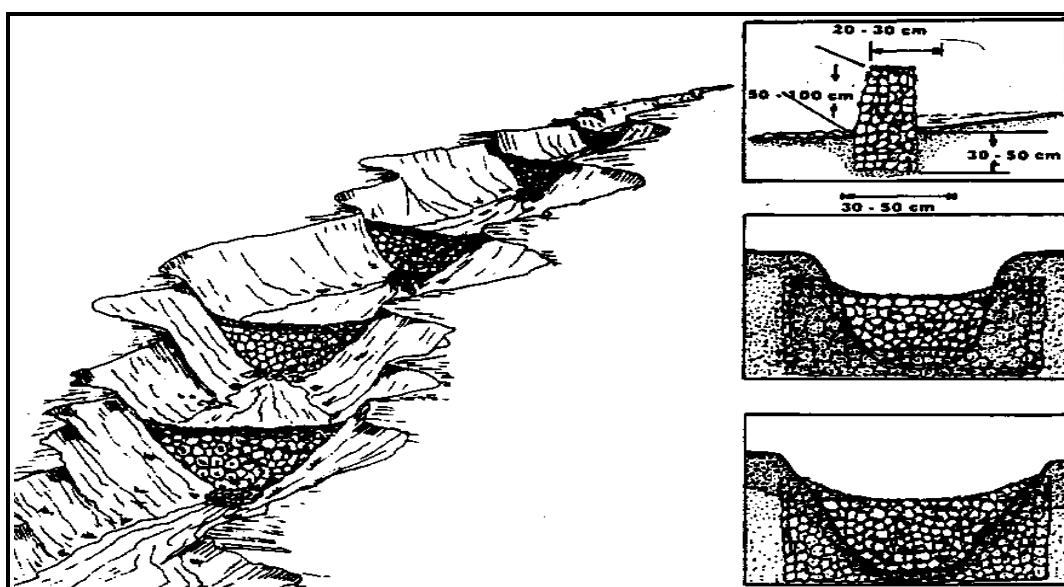
شکل ۳-۴- شکل شماتیک نوع باز چک دم (سمت راست) و نوع بسته آن (سمت چپ) - (Hideaki, ۲۰۰۱)

۳-۱-۳- مزایای چک دمها :

همانطور که گفته شد اولین مزیت چک دمها این است که سازه ای کوچک با مصالح متنوع و کم هزینه دارند که این حسن باعث کاربرد فراگیر و اجرای سریع آنها می شود . از دیگر مزایای ساخت

چک دمها پیشگیری از فرسایش یا کنترل رسوب از طریق تصفیه کردن جریان متمرکز را می توان برشمرد. همچنین چک دمها با کاهش شیب بکر زمین موجب کاهش دبی اوج و افزایش زمان رسیدن به اوج می شوند و در خصوص کاهش مشخصات هیدروگراف سیل نیز موثر واقع می گردند. شکل شماتیکی از نحوه قرارگیری چک دم در مسیر رود و مقطع آن در شکل ۳-۵ آمده است. تا بحال تحقیقاتی که درباره کارکرد چک دمها انجام شده، بیشتر در زمینه کنترل رسوبات بوده است و بررسی قابلیت های چک دم در زمینه کنترل سیل کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

چکدمها با تراس بندی یک منطقه و به اصطلاح پلکانی کردن شیبها، از تندی شیب می کاهند و انرژی سیل را مستهلک کرده و از دبی اوج آن می کاهند. به همین ترتیب سرعت و شدت سیل کاهش می یابد. در مخزن هر چک دم بخشی از رسوبات سیل ته نشین می شود و این امر از ریختن رسوبات به رودخانه اصلی جلوگیری کرده و موجب کاهش فرسایش حوضه آبریز می شود.



شکل ۳-۵- شکل شماتیک قرارگیری چکدمها در سرشاخه های فرعی

در خصوص کنترل سیل دو عملکرد عمده و مهم برای چک دمها تعریف می شود: یکی کنترل سیل و دیگری کاهش اوج سیل و به تاخیر انداختن زمان رسیدن سیل به پایین دست (روند یابی سیل)

۳-۱-۴- معایب و مشکلات چکدم

رسوبگذاری و پر شدن مخزن چکدم یکی از معایب آن است. در بعضی مواقع به خصوص در حوضه آبریز سدهای مخزنی هدف عمده ایجاد سدهای اصلاحی، جلوگیری از ورود رسوبات به مخزن سد مخزنی بوده و در نتیجه سدهای اصلاحی با هدف نگهداری رسوب در بالا دست احداث می گردند. در این حالت جهت بررسی اقتصادی پروژه، ظرفیت نگهداری رسوب در سد اصلاحی که در واقع معادل آن در هر بار پر شدن سد مخزنی از آب در پائین دست استحصال می گردد مورد بررسی قرار گرفته و بر این اساس اقتصادی بودن پروژه ارزیابی می گردد که اگر سدهای اصلاحی ایجاد نمی شد، رسوبات در مخزن سد مخزنی رسوب گذاری می شد و جای آب هم حجم خود را اشغال می کرد و در نتیجه به همان مقدار در هر بار پر شدن سد هدر رفت آب وجود داشت. در نتیجه لازم است که ظرفیت نگهداری رسوب برای هر سد اصلاحی محاسبه گردد. لازم به ذکر است که نقشه برداری مخزن سد اصلاحی و رسم خطوط منحنی میزان و در نظر گرفتن سطح واقع بین دو خط منحنی میزان یکی از روش هایی است که در این مورد قابل استفاده است. ولی با توجه به این که آبراهه معمولاً در پشت یک سد اصلاحی اغلب یکنواخت و از طرف دیگر رسوبات نیز پس از پر شدن سد دارای یک شیب حد می باشند، روش محاسبه ای هندسی مناسب تر می باشد.

۳-۱-۵- تعداد چک دمها

پس از اینکه طول مسیری که بایستی به وسیله ایجاد سدهای اصلاحی تثبیت گردد مشخص شد و با توجه به شرایط آبراهه ارتفاع مناسبی برای سدها در نظر گرفته شد و تعداد سدهای اصلاحی لازم تعیین می گردد. در این حالت می توان با ابزار ساده ای چون شیب سنج پروفیل برداری ساده ای از مسیر آبراهه یا گالی انجام داده و سپس با استفاده از رابطه زیر تعداد سدهای اصلاحی لازم را مشخص نمود.

$$N.O.C.D = (Q-b)/h \quad (\text{رابطه ۳-۱})$$

(Number Of Check Dams)

که در آن:

Q-b: کل فاصله قائم که بر اساس شیب متوسط آبراهه و فاصله افقی بین اولین و آخرین سد که در بستر ساخته خواهد شد محاسبه می گردد.

h: متوسط ارتفاع مفید (مؤثر) سدها (بدون ارتفاع پی).

با توجه به رابطه اخیر هر چه ارتفاع مفید سدها افزایش یابد تعداد آنها کم می شود و برعکس هر چه ارتفاع آنها کم شود تعداد افزایش می یابد. لذا بایستی این مسأله مد نظر باشد که هر گاه در آبراهه در بازه های مختلف ارتفاع سدها تغییر می نماید تعداد آنها به صورت جداگانه محاسبه گردد.

رابطه ساده تر و مشابهی جهت محاسبه تعداد چکدمها وجود دارد که به شکل زیر است .

$$N.O.C.D = (S_1 - S_2) L/H \quad (\text{رابطه ۳-۲})$$

در این رابطه S_1, S_2 به ترتیب شیب بکر و شیب ثانویه برحسب درصد هستند و H ارتفاع چک دم و L طول کانال است ، لازم به ذکر است ، در این تحقیق تعداد بهینه چکدمها با توجه به میزان اثر آن در خصوصیات سیل مانند کاهش دبی اوج و افزایش زمان رسیدن به دبی اوج تعیین می شود .

۳-۲-مدلسازی چک دمها در حوضه آبریز

اولین اثر ساخت چک دمها کاهش اوج جریان است که در زیر حوضه مشهود است ، اما اوج سیل در خروجی اصلی فقط تابع اوج هیدروگرافها ی زیر حوضه نیست و عامل دیگری که روی آن اثر دارد زمان رسیدن اوج جریانها به خروجی اصلی است . اگر اوج دو هیدروگراف متفاوت در یک لحظه به خروجی برسد ، حداکثر جریان بیشتر از حالتی است که این دو اوج در زمانهای متفاوتی به خروجی

برسند . شیب رود یکی از اصلی ترین فاکتورها در شتاب سیل است مخصوصا در نواحی کوهستانی و نقش مهمی در زمان تمرکز^{۱۳} (TC) دارد. چک دمها شدیدا در کاهش شیب رود موثرند.

در منطقه کن شیبهای بسیار تندی وجود دارد . تعداد چک دمهایی که باید در امتداد رودخانه برای کاهش شیب ساخته شود تابعی است از شیب بکر و شیب سرتاسری ؛ طول رود و ارتفاع چک دمها است . (رابطه ۲-۳)

اگر ارتفاع چک دمها دو برابر شود تعدادشان نصف می شود اما با در نظر گرفتن پایداری سازه ، حجم مصالح مورد نیاز افزایش می یابد . از آنجا که افزایش ارتفاع و حجم مصالح نسبت خطی ندارند و به دلیل آنکه دو نیروی عمده وارد به سد با H^2 متناسبند ، این امر مقرون به صرفه نیست . (ر.ک . پیوست ۱، ص ۹۱)

مقادیر دبی در زیر حوضه نیز باید بررسی گردد. با توجه به فرسایش زیادی که در مناطق کوهستانی وجود دارد ، برآورد شده است که چک دمها ی کوچک در حدود ۵ سال پر می شوند و به همین دلیل به مخازن بزرگتری نیاز داریم .

برای مدل کردن حوضه آبریز کن ، ابتدا از نرم افزار ArcGIS برای دریافت اطلاعات اولیه توپوگرافی و مشخصات عمومی منطقه شامل مساحت حوضه آبریز و زیر حوضه ها ، طول رود و زیر شاخه ها ، درصد نفوذپذیری هر زیر حوضه - با توجه به پوشش گیاهی منطقه و سطوحی که قابلیت جذب آب را دارند - و عدد منحنی و غیره استفاده شد (اطلاعات از موسسه تحقیقات آب) . براساس داده های این برنامه مدلسازی اصلی در محیط نرم افزار HEC- HMS انجام می شود.

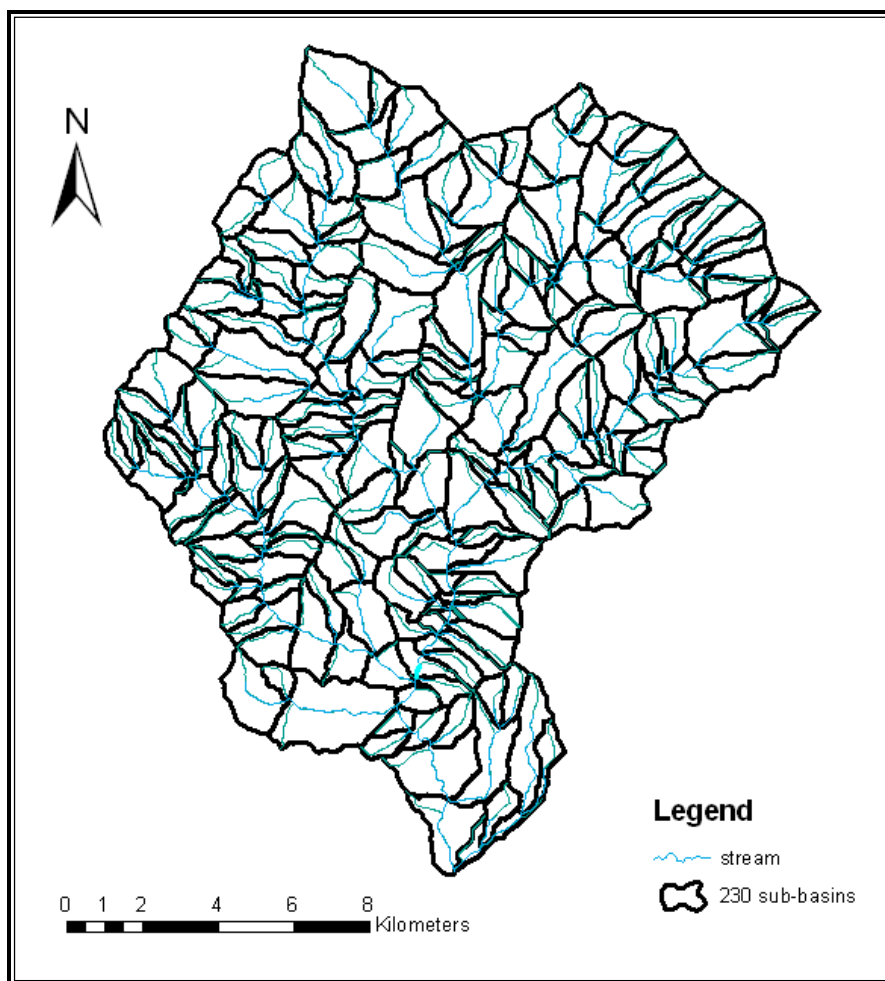
لازم به ذکر است که ، ساخت چک دمها در سرشاخه ها و زیرحوضه های کوچک پیشنهاد شده است. بنابراین ابتدا حوضه آبریز کن به ۲۳۰ زیرحوضه کوچک تقسیم گردید (شکل ۳-۶).

^{۱۳} زمان تمرکز : زمانی که طول می کشد تا یک قطره آب از دورترین نقطه هیدرولوژیکی در حوضه به خروجی برسد.
(Time of Concentration)

سپس در این نرم افزار شکل کلی حوضه آبریز کن با مدل کردن رودها و زیر شاخه ها و با لحاظ کردن کلیه مشخصاتشان تعریف می گردد و در ۳ حالت مدلسازی انجام میشود :

الف- حالت شرایط اولیه که مدل حوضه بدون هیچ تغییری در مشخصات موجود تهیه می گردد . در این مدل مساحت و شیب بکر زیر حوضه ها، طول رود و میزان نفوذپذیری و بارش و غیره طبق اطلاعات بدست آمده از نرم افزار ArcGIS به برنامه معرفی گردیده و بر همین مبنا آنالیز انجام می شود .

پس از این مرحله لازم است براساس میزان اهمیت و ریسک هر منطقه و با توجه به مسائل و شرایط زیست محیطی ، اجتماعی ، تاریخی و غیره ، زیرشاخه هایی که ساخت چکدم در آنها ضروری و ممکن است بعنوان نقاط هدف تعیین گردد . با توجه به این نکته ، ۴۰ زیر حوضه حائز شرایط لازم جهت ساخت چکدم می باشند که در مدل‌های بعدی مورد توجه اند.



شکل ۳-۶- شمایک مدل حوضه آبریز کن در نرم افزار HEC-HMS

ب- در این حالت ، که مدلسازی هیدرولوژیکی نامیده می شود و فرض بر آنست که مخزن چک دمها از رسوبات انباشته شده و چک دمها فقط آب را از روی خود عبور می دهند و بنابراین اثر ساخت چک دمها فقط در تغییر شیب زمین دیده می شود ، به عبارتی آب از روی چک دمها سرریز می شود و آنها آبی را در مخزن خود ذخیره نمی کنند و کارکرد آنها تراس بندی منطقه است . سپس با انتخاب ۴۰ نقطه بعنوان نقاط هدف جهت ساخت چک دم ، شیب بکر زمین در این زیرحوضه ها- که دارای چک دم هستند - به ۰.۱ و ۰.۰۱ و ۰.۵ برابر شیب اولیه تقلیل می یابد و در هر سناریو اثر ساخت چک دم در کاهش دبی اوج سیل و افزایش زمان رسیدن به دبی اوج بررسی می گردد

ج- در این شیوه از مدل‌سازی که مدل‌سازی هیدرولیکی نامیده می‌شود، مخازنی به عنوان چک دم در برنامه مشخص می‌گردد استفاده می‌شود. در این روش فرض می‌شود که در مخزن چک دمها هیچ رسوبی وجود ندارد، جریان آب دائمی بوده و مقدار ورودی و خروجی برابر است به عبارت دیگر مخزن چک دمها همواره از آب پر می‌باشد و اثر ساخت چک دمها در روند یابی سیل در زیر حوضه‌ها بررسی می‌شود و در نتیجه این پیچیده‌تر از حالت قبل است. برای نشان دادن ذخیره آب پشت مخزن چک دم روابط سطح - تراز و برای نشان دادن میزان سیل و مقدار آبی که سرریز می‌شود رابطه دبی - تراز به برنامه داده می‌شود.

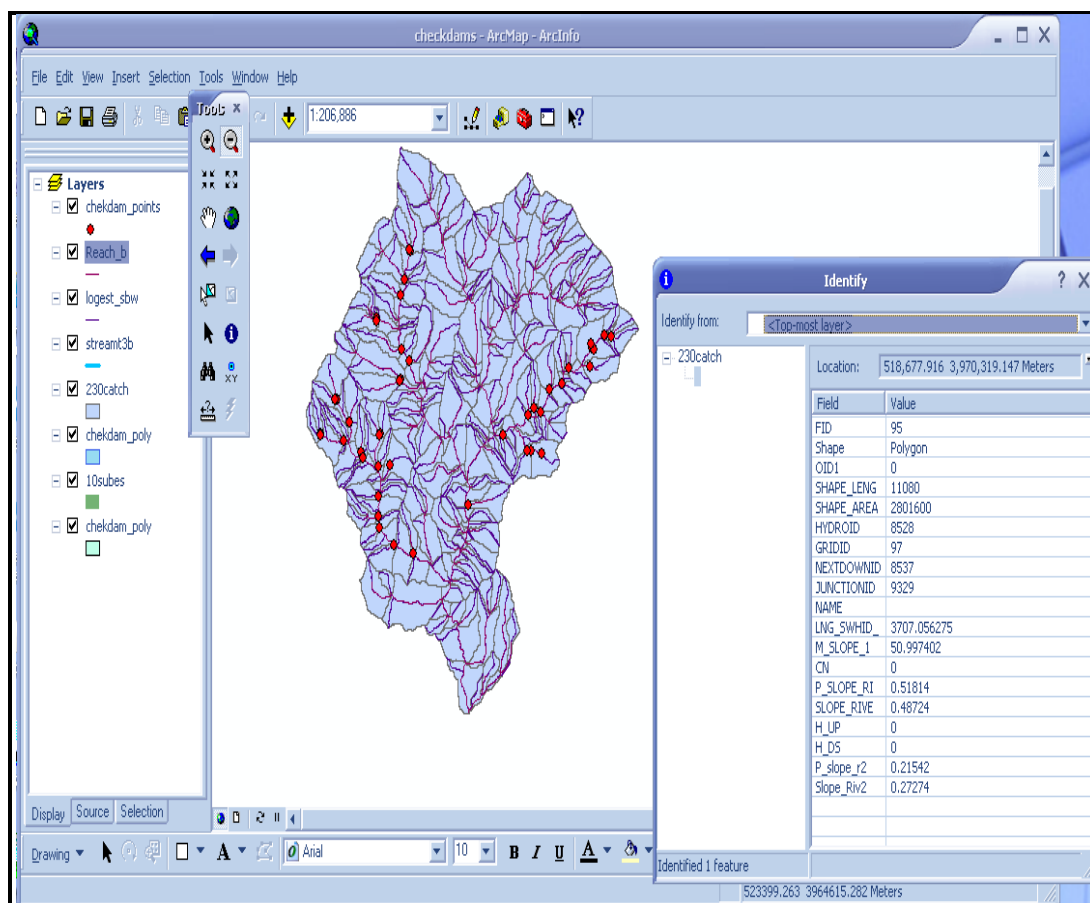
در واقع اگر پس از وقوع سیل یا در بازه‌های زمانی مناسب مخزن چک دمها لایروبی و رسوب زدایی نشود به مرور مخازن از رسوبات انباشته می‌شود و دیگر سیل در مخزن چک دم روند یابی نمی‌شود و چک دمها فقط در پلکانی کردن و کاهش شیب زمین تاثیر خواهند داشت که همان حالتی است که در مدل هیدرولوژیکی در نظر گرفته شده است و اگر در فواصل زمانی مناسب رسوبات تخلیه گردد و نگهداری از چک دمها مناسب باشد حالت دوم یعنی مدل‌سازی هیدرولیکی منطبق بر شرایط منطقه خواهد بود

۳-۳- تشریح مدل‌سازی

۳-۳-۱- استخراج خصوصیات فیزیوگرافی

همانطور که در مقدمه ذکر شد نرم افزار کاربردی برای دریافت مشخصات فیزیوگرافی منطقه، نرم افزار ArcGIS می‌باشد. این نرم افزار با قابلیت‌های فراوان در استخراج اطلاعات اولیه و مورد نیاز بکار گرفته می‌شود. شکل ۳-۷ یک نمونه از استخراج اطلاعات از این نرم افزار است.

درمدلسازی به اطلاعاتی نظیر مساحت هر زیر حوضه ، طول رودخانه اصلی ، عدد منحنی ، درصد نفوذپذیری و شیب هر زیر حوضه و تلفات و جذب اولیه نیاز می باشد که این اطلاعات از نرم افزار مذکور قرائت گردید . جدول اطلاعات زیر حوضه ها در پیوست شماره ۲ آمده است .

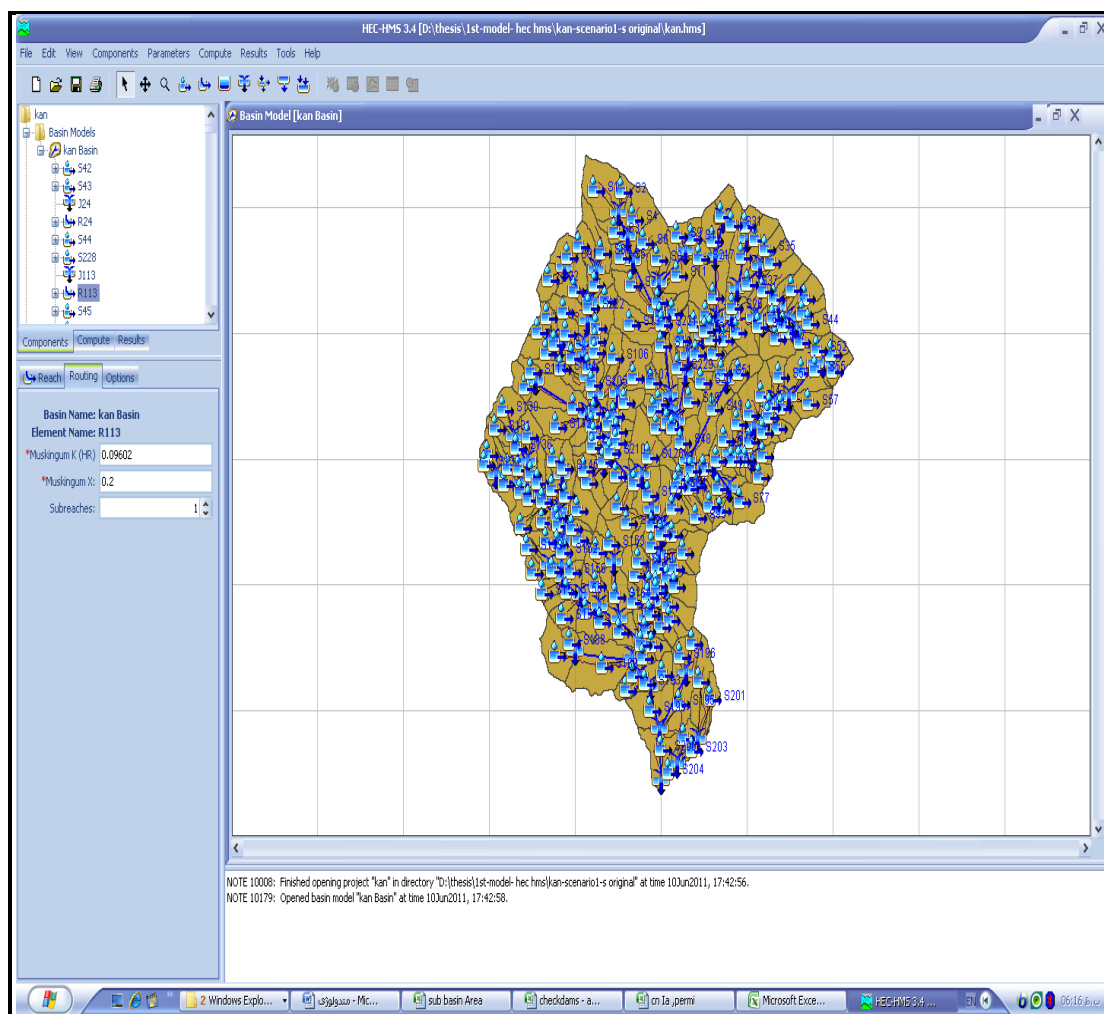


شکل ۳-۷- استخراج اطلاعات از نرم افزار Arc Gis

۳-۳-۲- روند مدلسازی در نرم افزار HEC- HMS

نرم افزار اصلی مدلسازی HEC- HMS می باشد که برای مدلسازی های هیدرولژیکی و هیدرولیکی بسیار کارآمد بوده و از نرم افزارهای خانواده HEC می باشد . برای حوضه آبریز کن طبق اطلاعات منطقه ای ۲۳۰ زیر حوضه تعریف می گردد که هر زیر حوضه با SubBasin تعریف شده و برای آن

مساحت با توجه به جدول ۱ و روش SCS-CN^{۱۴} بعنوان روش نفوذ، Clark unit hydrograph بعنوان روش تبدیل بارش مازاد به رواناب و روش ماسکینگهام برای روند یابی جریان در رودخانه ها ، در برنامه تعریف می گردد . ضریب I_a ^{۱۵} نشاندهنده تلفات اولیه است . اطلاعات بیشتر درمورد این ضرایب در پیوست ۲ آمده است.



شکل ۳-۸- مدل سازی حوضه آبریز کن در نرم افزار HEC- HMS

^{۱۴} The Soil Conservation Service (Now the Natural Resources Conservation Service) curve number method

^{۱۵} Initial abstraction

برای روش تبدیل بارش مازاد به رواناب باید زمان تمرکز و ضریب ذخیره^{۱۶} به مدل داده شود برای محاسبه زمان تمرکز روابط متعددی پیشنهاد داده شده است و در تحقیق حاضر از رابطه کریچ^{۱۷} استفاده می گردد (علیزاده ، ۱۳۸۹) :

$$T_c = 0.0078 (L/\sqrt{S})^{0.77} \quad (\text{رابطه ۳-۳})$$

در رابطه فوق L طول رود برحسب فوت در زیر حوضه مورد نظر و S شیب آن زیر حوضه است . در مدل اولیه که شیب طبیعی زمین بدون اثر ساخت چک دمها است جدول شماره پ-۱ پیوست ۲ برای محاسبه زمان تمرکز به کار می رود . برای زیر شاخه های منشعب از رودخانه اصلی طول از نرم افزار ArcGIS قرائت شده و از این آیتم برای تعیین زمان تمرکز استفاده می شود.

در محل تلاقی دو رود JUNCTION تعریف می شود و بین هر دو JUNCTION یک REACH مدل می گردد. برای JUNCTION ها باید اتصال پایین دست و بالادست معلوم باشد . در هر REACH روش ماسکینگهم بعنوان روش ریشه یابی تعریف و مشخص می شود : که شامل دو ضریب k, x می باشد k برحسب ساعت نشاندهنده نسبت طول رود به سرعت جریان در آن می باشد و از رابطه زیر بدست می آید :

$$K = L/V_w \quad (\text{رابطه ۳-۴})$$

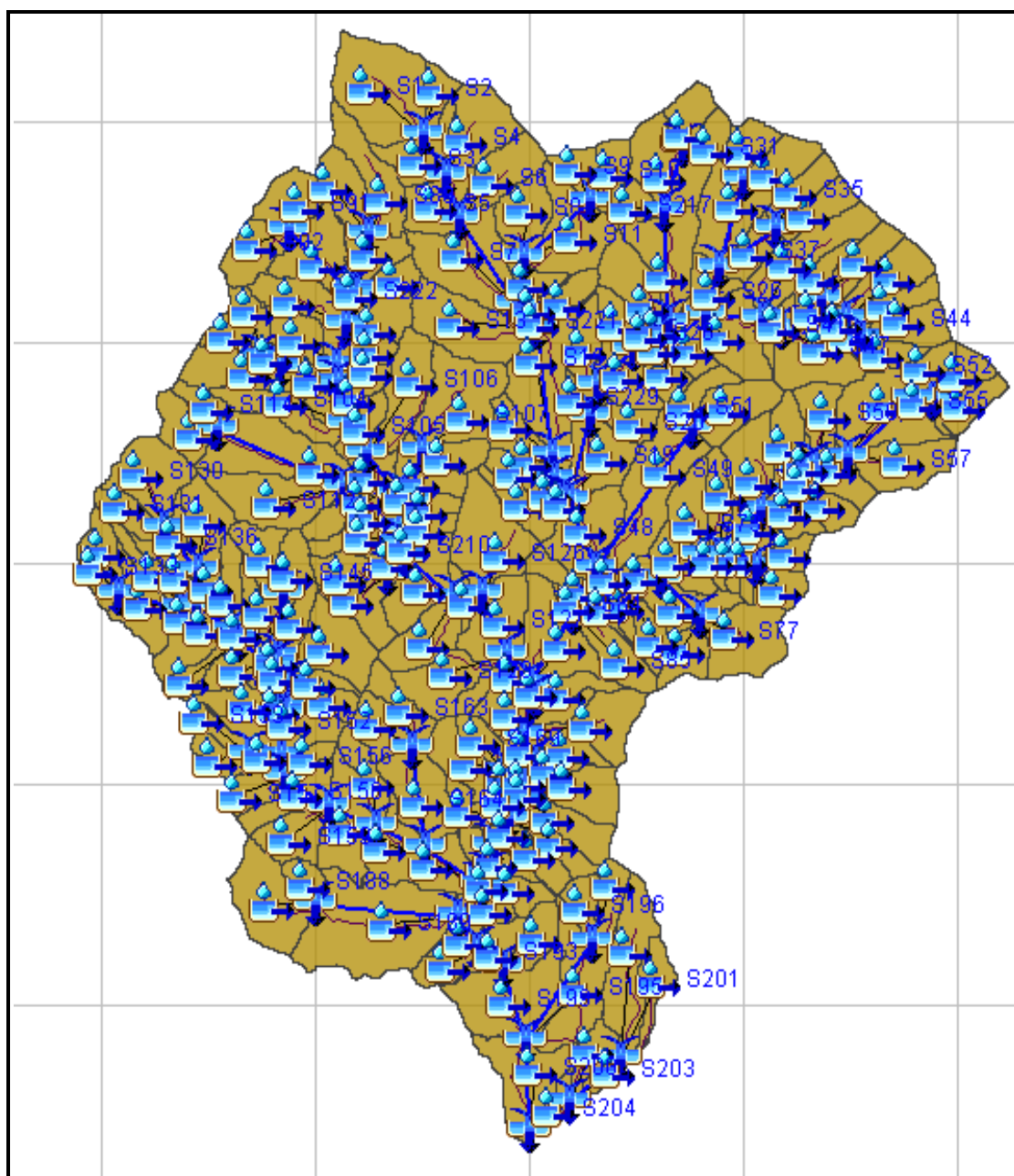
که در این رابطه سرعت جریان (V_w) ۱.۵ تا ۲ متر بر ثانیه فرض شده است . L نیز طول رود بر حسب متر می باشد و از جدول پ-۴ پیوست ۲ به دست می آید .. X در سرشاخه ها ۰.۲ و بقیه نقاط ۰.۳۵ می باشد . مقدار ضرایب K, X در جدول شماره پ-۳ پیوست آمده است .

پس از ساختن شکل اولیه مدل که در شکل ۳-۹ نشان داده شده است ، برای زیرحوضه ها دو بارش تعریف شده و دو گیج اختصاص داده شد. گیج اول با بارش نصف گیج دوم در زیر حوضه ها لحاظ گردید که مطابق جدول پ-۵ پیوست ۲ گیجها تعریف شده اند. در جدول پ-۶ پیوست میزان بارش در یک بازه هشت ساعته در هر گیج آمده است ، برای مدلسازی گامهای زمانی ۱۵ دقیقه ای فرض

¹⁶Storage coefficient

¹⁷kirpich

می شوند. این مدل که یک مدل خام و اولیه است با در نظر گرفتن شیب طبیعی زمین و بدون ساخت چکدم آنالیز می شود و نتایج آن در خروجی های اصلی کشار سولقان سنگان امامزاده داوود و رندان ثبت می گردد.



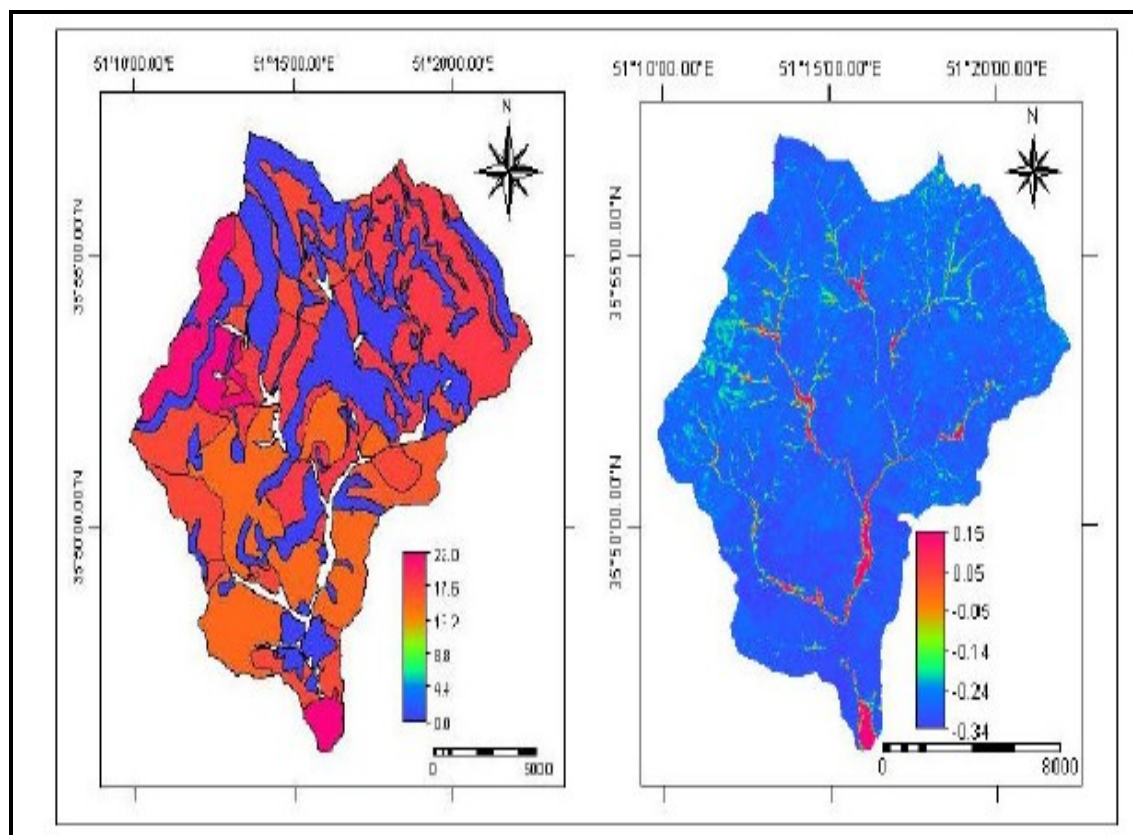
شکل ۳-۹- مدل سازی حوضه آبریز کن با زیر حوضه ها و سایر مشخصات

۳-۳-۳- انتخاب نقاط هدف

در مدلسازی چکدمها باید زیرحوضه هایی که در معرض خطر سیل و آسیب پذیری بیشتری هستند شناسایی گردند. ساخت و ساز چکدم در همه زیر حوضه ها غیرمنطقی بوده و از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه نمی باشد. پس لازم است بین گزینه های مختلف برای ساخت چکدم، نقاطی که دارای موقعیت استراتژیک هستند معین گردد. از نقشه ها و اطلاعات آماری موجود می توان مناطق دارای اهمیت بیشتر را پیدا کرد و با بررسی اهمیت این نواحی از جنبه سیاسی، اقتصادی، فرهنگی، تاریخی و جمعیتی، گزینه های ارجح تعیین شوند. زیر حوضه هایی مثل زیرحوضه امامزاده داوود (س) که یک مکان تفریحی، زیارتی و گردشگری است، یا منطقه سولقان که تفریحی می باشد، می بایست مورد توجه بیشتری قرار گیرند زیرا در صورت وقوع سیل حفاظت این مناطق اهمیت ویژه ای خواهد داشت.

به همین ترتیب در مناطقی که شیب بکر زمین، تند است و پوشش گیاهی در کاهش رواناب نقش زیادی ندارد، اقدامات مهار و کنترل سیل ضروری به نظر میرساند. از نقشه های موجود پوشش گیاهی هر ناحیه مشخص می گردد. هر چه شیب زمین تندتر باشد یا اینکه خاک آن ناپایدار باشد؛ احتمال رواناب و جریانات گل ولای دار بیشتر است. اگر خاک منطقه اشباع باشد، بارش جذب نمی شود و رواناب بزرگتری رخ خواهد داد. در کل فاکتورهای مهم در میزان جذب بارش و کاهش رواناب همانند نفوذپذیری، پوشش گیاهی، درصد اشباع خاک منطقه، شیب زمین و غیره، در تعیین نقاط هدف بسیار مهم هستند. (شکل ۳-۱۰)

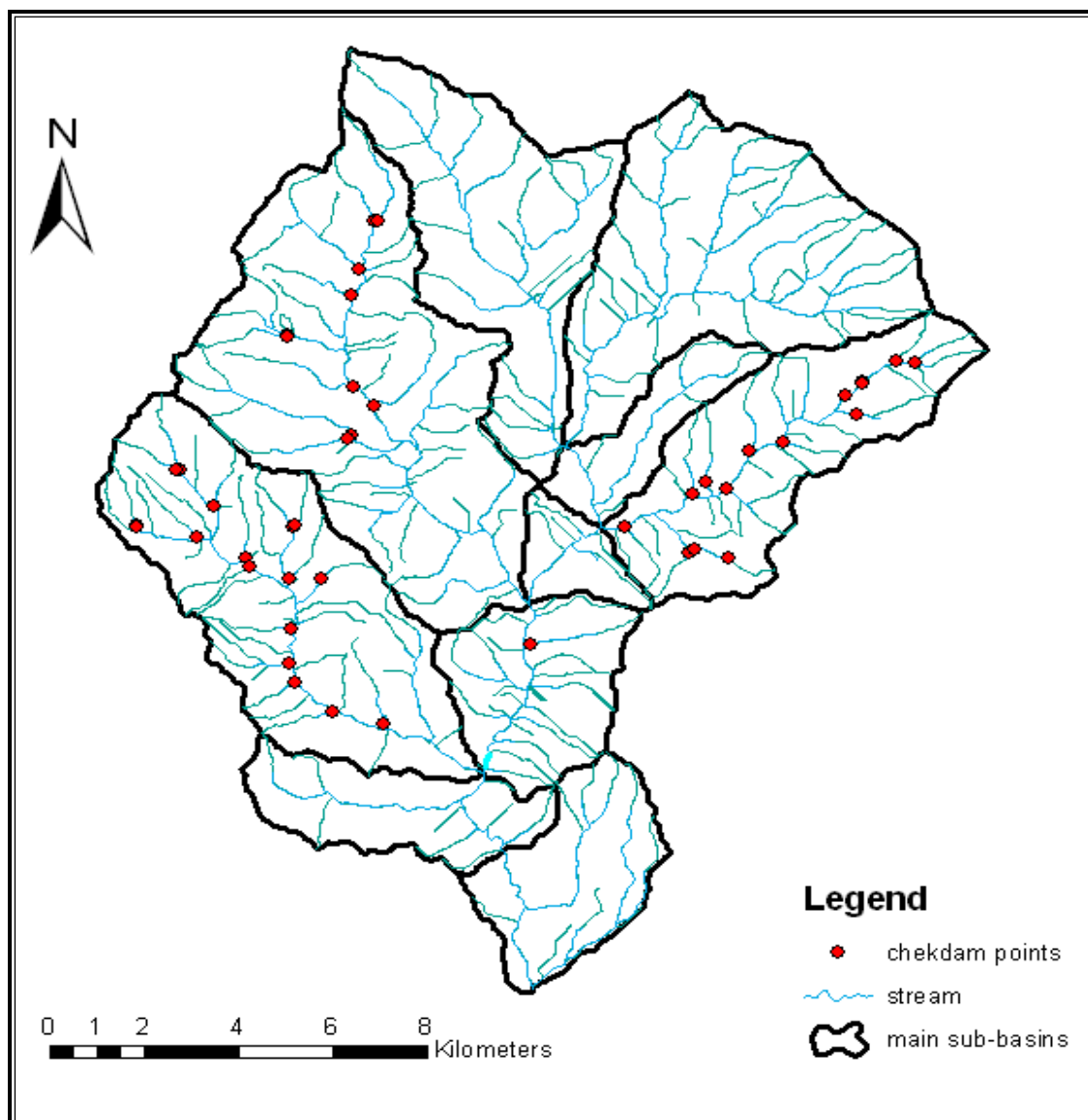
از طرفی با آنالیز مدل اولیه، هیدروگراف سیل در خروجی های هر زیر حوضه و نهایتاً خروجی سولقان مشخص گردیده و با بررسی میزان دبی خروجی سیل و زمان رسیدن به دبی اوج در زیر حوضه ها، می توان یک تخمین از مناطق پرخطر داشت. در مناطقی که دبی خروجی زیاد یا زمان رسیدن به دبی اوج کوتاه است، احتمال وقوع سیل بیشتر بوده و به اقدامات مهار سیل نیاز است.



شکل ۳-۱۰ - نقشه پوشش گیاهی منطقه کن برحسب درصد و نقشه NDVI

با توجه به مطالب گفته شده ۴۰ زیر حوضه در سرشاخه‌ها برای ساخت چکدم در نظر گرفته شد که جزء نقاط پرخطر محسوب شده و ساخت چکدم در آنها ضروری بنظر میرسد و در شکل زیر با دایره های توپر مشخص شده اند. این مناطق به لحاظ شرایط جمعیتی و تاریخی و غیره از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده و می بایست سیل در آنها کنترل گردد. (شکل ۳-۱۱)

پس از انتخاب زیرحوضه های مناسب ، ساخت چکدم و اثرات آن بر سیل ، دبی خروجی و زمان رسیدن به اوج به دو صورت مدل سازی گردید : ۱ - مدل هیدرولوژیکی ۲- مدل هیدرولیکی در قسمت بعد این دو نوع مدل سازی چک دمها تشریح می شود .



شکل ۳-۱۱- نقاط مناسب ساخت چک دم

۳-۴- مدل هیدرولوژیکی :

اساس این روش بر آن است که اثر ساخت چکدم بصورت تغییر شیب بکر زمین و درجهت کاهش آن است . علت استفاده از این نوع مدلسازی بررسی حالتی است که مخزن چک دمها بر اثر رسوبات پر شده باشد . بنابراین چک دمها در این حالت صرفا در کاهش شیب و تراس بندی زیر حوضه نقش خواهند داشت . به این ترتیب برای زیر حوضه ای که چکدم دارد ، شیب ثانویه ای تعریف می گردد که از شیب بکر و اولیه کمتر می باشد :

$$S_2 = S_0 * \beta \quad \beta < 1 \quad (\text{رابطه ۴-۵})$$

در این حالت ۳ سناریو جدید علاوه بر مدل اولیه در نظر گرفته شده و بر این مبنا مدلسازی های جدید انجام می پذیرد :

۱- در سناریوی اول شیب ثانویه نصف شیب اولیه می باشد : $\beta = 0.5$

۲- در سناریوی دوم شیب را به یکدهم شیب اولیه کاهش می دهیم : $\beta = 0.1$

۳- در سناریوی سوم شیب ثانویه یکصدم شیب بکر زمین در هر زیر حوضه خواهد بود و در

نتیجه : $\beta = 0.01$

پس در زیرحوضه های مشخص شده (۴۰ زیرحوضه) شیب را تغییر می دهیم و برای مدل جدید در هر سناریو داده های زیر به نرم افزار ارائه می گردد :

الف) زمان تمرکز جدید براساس شیب جدید و با رابطه کریچ

ب) ضریب نفوذ جدید براساس زمان تمرکز ثانویه

پس از آن تعداد چک دمهای مورد نیاز در هر زیر حوضه با این رابطه ۲-۳ به دست می آید :

همانطور که از رابطه ۲-۳ مشخص است هرچه ارتفاع چک دم بیشتر باشد تعداد کمتری از آن مورد نیاز است و همچنین اگر اختلاف شیب ثانویه و اولیه زیاد باشد بوضوح تعداد چک دمهای مورد نیاز بیشتر می گردد . همانگونه که در قسمت های قبلی گفته شد ، برای ارتفاع چک دم محدودیتهایی وجود دارد و در این تحقیق این ارتفاع بین یک تا دو متر محدود شد . پس از آن مدل اجرا شده و در هر خروجی دبی پیک و زمان رسیدن به پیک شبیه سازی می گردد .

۳-۵- مدلسازی هیدرولیکی

این مدل تا حدودی پیچیده تر از مدل هیدرولوژیکی بوده و در آن اثرات ساخت چکدمها به حجم آب قابل ذخیره در پشت چکدم مرتبط می باشد. در این روش فرض بر آنست که نگهداری از چک دمها به خوبی انجام شده و در بازه های زمانی مناسب رسوبات انباشته شده در پشت چک دمها تخلیه می

گردد و بنابراین کل ظرفیت مخزن برای روند یابی سیل قابل استفاده است . در این تحقیق برای شرایط اولیه مخازن ، وجود جریانات دائمی و پر بودن مخزن از آب در نظر گرفته شده است . سپس با توجه به بازدیدهای میدانی صورت گرفته مقاطع چکدم به دو صورت قابل تعریف است ۱- مقطع مثلثی ۲- مقطع دوزنقه ای

در این حالت از مدلسازی که با در نظر گرفتن روند یابی سیل به روش ماسکینگهام می باشد ، لازمست در زیرحوضه های دارای چکدم، مخازنی مدلسازی شود ، برای این کار ابتدا دامنه شیب بکر زیر حوضه های دارای چکدم تعیین شد که در بیشترین حالت ۵۰٪ در زیر حوضه ۵۲ و کمترین شیب به میزان ۱۰٪ در زیر حوضه ۱۴۰ بود . سپس زیر حوضه های قرار گرفته در رده بندی ۵ گانه شیب تعیین شدند و برای هر یک از این گروهها یک زیرحوضه جهت مدل کردن انتخاب شد که به عنوان نماینده زیرحوضه های با شیب همرده خود است .

در جدول (۳-۱) رده بندی شیب بکر زمین و نام زیرحوضه های هر رده آمده است :

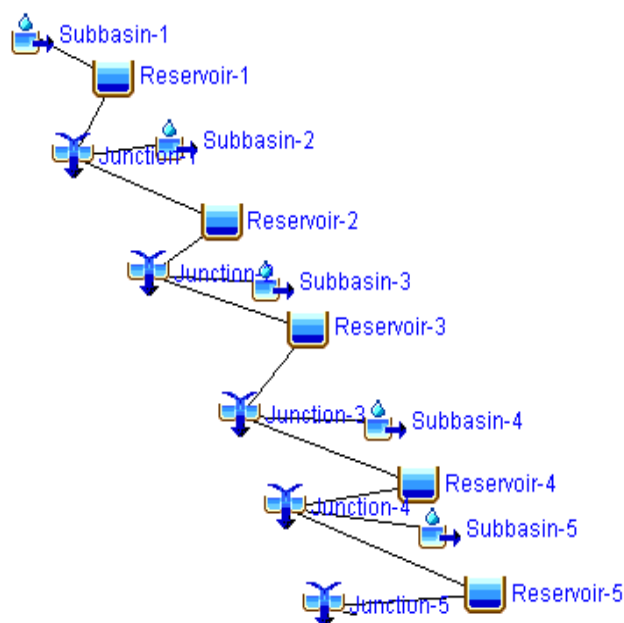
جدول ۳-۱ - رده بندی شیبهای حوضه کن

$S_0=0.50$	$S_0=0.40$	$S_0=0.30$	$S_0=0.20$	$S_0=0.10$
52	79	57	56	106
54	100	58	77	144
63	131	65	88	140
205		66	93	
		70	94	
		73	104	
		78	111	
		87	112	
		132	130	
		133	137	
		135	141	
		151	145	
		155	146	
		157	148	
		167	159	
			161	

برای هر مدل تعداد چکده‌های مختلف (۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ عدد) در نظر گرفته می‌شود، چکده‌های مدل شده از نوع چکده بسته در نظر گرفته می‌شود. برای مدل‌سازی چکده در یک زیر حوضه فرضیات زیر لازم است:

اگر n چکده برای زیر حوضه فرض شده باشد به این معناست که مساحت زیر حوضه به n قسمت تقسیم شده است پس بعنوان مثال برای مدل جدیدی که برای Sub 145 ساخته می‌شود می‌بایست n زیرحوضه و n مخزن (RESERVIOR) بعنوان چکده تعریف شود که این دو به یک JUNCTION می‌ریزند و در تعریف SubBasinArea مساحت زیر حوضه‌های کوچکتر در $n/1$ ضرب می‌گردد. عدد منحنی تغییری نمی‌کند اما زمان تمرکز با توجه به طول رود در هر بخش کوچک از رابطه کریچ مجدداً محاسبه می‌گردد.

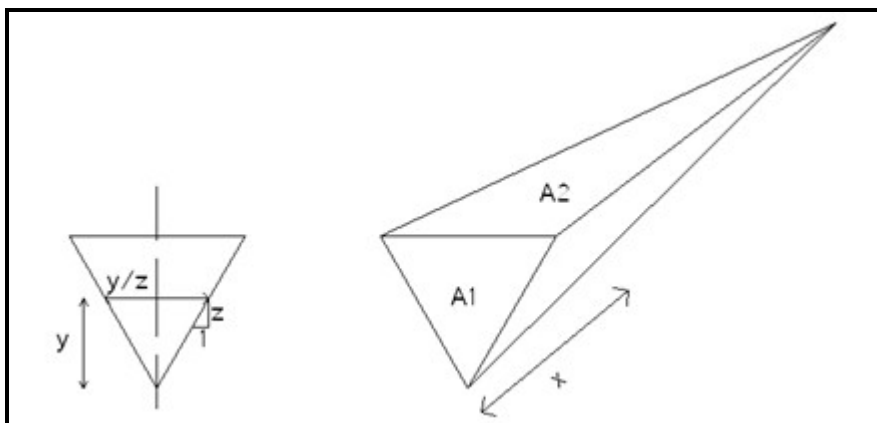
شکل ۳-۱۲ یک نمونه از مدل‌سازی برای ۵ چک دم است که در آن مخازن، نماینده چکده‌ها هستند. طبق شکل زیر هر زیر حوضه به یک مخزن می‌ریزد و مخزن پس از تله اندازی بخشی از سیل، مابقی جریان را سرریز می‌کند، این روند تا آخرین گره ادامه می‌یابد و از شدت سیل و سرعت حرکت آن کاسته می‌شود.



در اینجا به روابط دبی - ارتفاع و سطح - ارتفاع برای مقطع مثلثی و ذوزنقه ای می‌پردازیم:

شکل ۳-۱۲- مدل هیدرولیکی با فرض ۵ چک دم

الف) مقطع مثلثی : (شکل ۳-۱۳)



شکل ۳-۱۳ - مقطع مثلثی برای چک دم

$$A_1 = 2 * y/z * y * 1/2 = y^2/z$$

$$A_2 = x * 2y/z = xy/z$$

$$x/y = (h/S_0)/h \Rightarrow x = y/S_0$$

$$A_2 = y^2/zS_0 \quad \text{(رابطه ۳-۶)}$$

$$V = A_1 x/3 = y^2/z * y/3S_0 = y^3/3S_0z$$

$$Q_{out} = (y_c^{2/3} * g * z^2/2)^{0.5} \quad \text{(رابطه ۳-۷)}$$

که تراز آب روی چک دم معادل Y_c لحاظ می گردد و دبی خروجی محاسبه شده و به برنامه ارائه می شود .

ب) مقطع دوزنقه ای : (شکل ۳-۱۴)

$$A_1 = [b + (b + 2y/z)] * y/2 = by + y^2/z$$

$$A_2 = x/2 * (b + 2y/z)$$

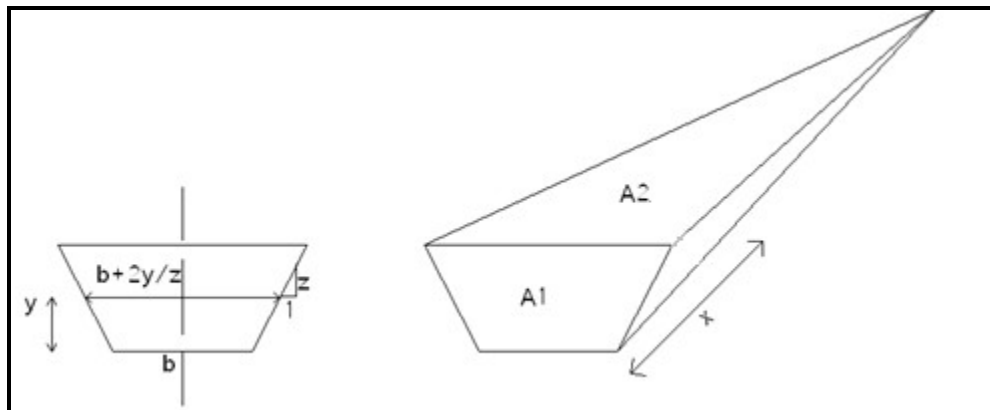
$$x/y = (h/S_0)/h \Rightarrow x = y/S_0$$

$$A_2 = by/2S_0 + y^2/S_0z \quad \text{(رابطه ۳-۸)}$$

$$V = A_1 x/3 = (by + y^2/z) * y/3S_0$$

$$Z((\text{فاکتور سطح})) = ((b+zy)y)^{1.5} / (b+2zy)^{0.5} \quad (\text{ابریشمی ، ۱۳۸۷})$$

$$Q_{\text{out}} = Z_c * g^{0.5} \quad (\text{رابطه ۳-۹})$$



شکل ۳-۱۴ - مقطع دوزنقه ای برای چک دم

پس از مشخص کردن روابط سطح - تراز و دبی - تراز ، لازم است این اطلاعات در مدل ارائه شود ، لازم به ذکر است برای مدل کردن یک چکدم که فرضا ارتفاع آن یک متر است ، در روابط ذکر شده تا زمانی که ارتفاع آب پشت چکدم کمتر از یک متر است مساحت قابل محاسبه بوده و برای رقوم بالاتر از یک متر سطح آب پشت چکدم ثابت فرض می شود که در جدول ۳-۲ این روابط و مقادیر آن آمده است . به همین ترتیب می توان گفت که تا زمانی که ارتفاع آب پشت چکدم کمتر از یک متر باشد دبی خروجی (در چکدم نوع بسته) تقریبا صفر است و اگر ارتفاع از یک متر بیشتر گردد ، دبی خروجی قابل محاسبه می باشد . در جدول شماره ۳-۲ رابطه دبی - تراز ذکر شده است .

جدول ۳-۲- روابط تراز - سطح - دبی در شیبه‌های مختلف

ELV	S_0	Z	A	$A*1000m^2$	$V(m^3)$	$Q_{out}=(y_c^{2/3}*g*z^2/2)^{0.5}$	for sub 145
0.25	0.253	0.5	0.4941	0.0005	0.041	0	
0.5	0.253	0.5	1.9763	0.0020	0.329	0	
0.7	0.253	0.5	3.8735	0.0039	0.904	0	
0.8	0.253	0.5	5.0593	0.0051	1.349	0	
0.9	0.253	0.5	6.4032	0.0064	1.921	0	
1	0.253	0.5	7.9051	0.0079	2.635	0	
1.5	0.253	0.5	7.9050	0.0079	8.893	1.268	
2	0.253	0.5	7.9050	0.0079	8.893	1.395	
3	0.253	0.5	7.9050	0.0079	8.893	1.597	
4	0.253	0.5	7.9050	0.0079	8.893	1.758	
5	0.253	0.5	7.9050	0.0079	8.893	1.894	
6	0.253	0.5	7.9050	0.0079	8.893	2.012	

ELV	S_0	Z	A	$A*1000m^2$	$V(m^3)$	$Q_{out}=(y_c^{2/3}*g*z^2/2)^{0.5}$	for sub 157
0.25	0.3479	0.5	0.359	0.0004	0.030	0	
0.5	0.3479	0.5	1.437	0.0014	0.240	0	
0.7	0.3479	0.5	2.817	0.0028	0.657	0	
0.8	0.3479	0.5	3.679	0.0037	0.981	0	
0.9	0.3479	0.5	4.656	0.0047	1.397	0	
1	0.3479	0.5	5.748	0.0057	1.916	0	
1.5	0.3479	0.5	5.74	0.0057	6.467	1.268	
2	0.3479	0.5	5.74	0.0057	6.466	1.395	
3	0.3479	0.5	5.74	0.0057	6.466	1.597	
4	0.3479	0.5	5.74	0.0057	6.466	1.758	
5	0.3479	0.5	5.74	0.0057	6.466	1.894	
6	0.3479	0.5	5.74	0.0057	6.466	2.012	

ادامه جدول ۳-۲- روابط تراز - سطح - دبی در شیبهای مختلف

ELV	S ₀	Z	A	A*1000m ²	V(m ³)	Q _{out} =(y _c ^{2/3} *g*z ² /2) ^{0.5}	for sub 100
0.25	0.4213	0.5	0.297	0.0003	0.025	0	
0.5	0.4213	0.5	1.187	0.0012	0.198	0	
0.7	0.4213	0.5	2.326	0.0023	0.543	0	
0.8	0.4213	0.5	3.038	0.0030	0.810	0	
0.9	0.4213	0.5	3.845	0.0038	1.154	0	
1	0.4213	0.5	4.747	0.0047	1.582	0	
1.5	0.4213	0.5	4.474	0.0045	5.341	1.268	
2	0.4213	0.5	4.474	0.0045	5.34	1.395	
3	0.4213	0.5	4.474	0.0045	5.34	1.597	
4	0.4213	0.5	4.474	0.0045	5.34	1.758	
5	0.4213	0.5	4.474	0.0045	5.34	1.894	
6	0.4213	0.5	4.474	0.0045	5.34	2.012	

ELV	S ₀	Z	A	A*1000m ²	V(m ³)	Q _{out} =(y _c ^{2/3} *g*z ² /2) ^{0.5}	for sub205
0.25	0.5404	0.5	0.23	0.0002	0.019	0	
0.5	0.5404	0.5	0.93	0.0009	0.154	0	
0.7	0.5404	0.5	1.81	0.0018	0.423	0	
0.8	0.5404	0.5	2.37	0.0024	0.632	0	
0.9	0.5404	0.5	3.00	0.0030	0.899	0	
1	0.5404	0.5	3.70	0.0037	1.234	0	
1.5	0.5404	0.5	3.7	0.0037	4.163	1.2676	
2	0.5404	0.5	3.7	0.0037	4.16	1.3952	
3	0.5404	0.5	3.7	0.0037	4.16	1.5971	
4	0.5404	0.5	3.7	0.0037	4.16	1.7578	
5	0.5404	0.5	3.7	0.0037	4.16	1.8936	
6	0.5404	0.5	3.7	0.0037	4.16	2.0122	

ادامه جدول ۳-۲- روابط تراز - سطح - دبی در شیبهای مختلف

ELV	$S_{0(\text{mid-1})}$	Z	A	$A \cdot 1000 \text{m}^2$	$V(\text{m}^3)$	$Q_{\text{out}} = (y_c^{2/3} \cdot g \cdot z^2 / 2)^{0.5}$	for sub144
0.25	0.1851	0.5	0.675	0.0007	0.056	0	
0.5	0.1851	0.5	2.702	0.0027	0.450	0	
0.7	0.1851	0.5	5.295	0.0053	1.236	0	
0.8	0.1851	0.5	6.916	0.0069	1.844	0	
0.9	0.1851	0.5	8.753	0.0088	2.626	0	
1	0.1851	0.5	10.807	0.0108	3.602	0	
1.5	0.1851	0.5	10.806	0.0108	12.158	1.2676	
2	0.1851	0.5	10.806	0.0108	12.16	1.3952	
3	0.1851	0.5	10.806	0.0108	12.16	1.5971	
4	0.1851	0.5	10.806	0.0108	12.16	1.7578	
5	0.1851	0.5	10.806	0.0108	12.16	1.8936	
6	0.1851	0.5	10.806	0.0108	12.16	2.0122	

به این ترتیب با وارد کردن داده ها در نرم افزار HEC-HMS می توان آب ذخیره شده در پشت چکدم و نیز آب سرریز شده از روی آن را تعریف کرد که یک تعریف درست و دقیقتر از اثر چک دم بر سیل می باشد. همچنین برای داشتن نتایج دقیقتر و مقایسه و تفسیر بهتر نتایج، مدلسازی هیدرولیکی فقط برای یک زیرحوضه اما با شیب متغیری از ۱۰٪ تا ۵۰٪ انجام می شود. سپس در هر شیب مدل سازی هیدرولیکی با تعریف مخازن بعنوان چک دم و ارائه روابط دبی - تراز و سطح - تراز به برنامه انجام می شود. در هر مدل تعداد چک دمها از ۵ تا ۱۰۰ چک دم تغییر می کند. این مدل صرفاً یک مدل تحقیقاتی خواهد بود که در آن هدف این است با داشتن شرایط یکسان (مساحت، نفوذ، تلفات اولیه) در مدل‌های مختلف و فقط با تغییر تعداد چک دم و در نتیجه روند یابی سیل و تغییر در هیدروگراف سیل خروجی، تاثیرات چک دمها بررسی شود. زیر حوضه شاهد با شیبهای مختلف از ۱۰٪ تا ۵۰٪ مدل شد که زمان تمرکز و ضریب ذخیره در هر شیب تغییر می کند. در این مدل مقطع چک دم یک مقطع ترکیبی مثلثی- دوزنقه ای می باشد و برای محاسبه رابطه سطح - تراز از رابطه ۳-۶ و برای رابطه دبی - تراز از رابطه ۳-۹ استفاده می شود. در واقع مخزن چک دم مثلثی بوده و سرریز آن با مقطع دوزنقه ای خواهد بود.

فصل چهارم

نتایج و تفسیر آن

۴-۱- مقدمه :

در تحقیق ارائه شده اثرات ساخت و ساز چک دمها در کاهش مشخصات هیدروگراف سیل در منطقه کن ، واقع در شمال تهران بررسی گردید . این منطقه به لحاظ نزدیکی به پایتخت و در بر داشتن مکانهای تفریحی و جمعیتی حائز اهمیت بوده و به دلیل وجود شیبههای تند در این منطقه کوهستانی ، احتمال وقوع سیل در آن زیاد است . مطالعاتی که تا کنون در حوضه کن انجام شده به طور کامل نبوده و دارای نواقصی است و ضرورت دارد این حوضه آبریز مجدداً مورد بررسی و تحقیقات گسترده تر قرار گیرد . برای این تحقیق از دو نوع مدلسازی در نرم افزار HEC- HMS استفاده شد . مدل هیدرولوژیکی که اثرات ساخت چک دم را فقط در کاهش شیب بکر زمین لحاظ می کند و مخزن آن پر از رسوبات فرض می شود و مدل هیدرولیکی که در آن علاوه بر کاهش شیب ، ظرفیت مخزن چک دمها و روند یابی سیل در آنها نیز مورد توجه قرار گرفت . در عمل نیز اگر پس از وقوع سیل یا در بازه های زمانی مناسب مخزن چک دمها لایروبی و رسوب زدایی نشود به مرور مخازن از رسوبات انباشته می شود و دیگر سیل در مخزن چک دم روند یابی نمی شود و چک دمها فقط در پلکانی کردن و کاهش شیب زمین تاثیر خواهند داشت که همان حالتی است که در مدل هیدرولوژیکی در نظر گرفته شده است و اگر در فواصل زمانی مناسب رسوبات تخلیه گردد و نگهداری از چک دمها مناسب باشد حالت دوم یعنی مدلسازی هیدرولیکی منطبق بر شرایط منطقه خواهد بود .

نتایج تحقیق نشان می دهد که هر یک از فاکتورهای اولیه در زیرحوضه ها چه تاثیری روی هیدروگراف سیل خواهند داشت و با تغییر چه فاکتورهایی می توان به نتایج بهتری دست یافت . همچنین تحلیل نتایج به دست آمده حاکی از آن است که ساخت چک دم در اندازه و تعداد مناسب و در زیر حوضه های حساس تر و مهمتر بسیار حائز اهمیت بوده و در صورتیکه این موارد به درستی فرض نشود ، نتایج به دست آمده معقول و اقتصادی نخواهند بود . در مجموع ساخت چک دمها در کاهش اثرات مخرب سیل مفید و موثر ارزیابی می شود . در این فصل نتایج مدلسازی های انجام شده به صورت مجزا ارائه می گردد و سپس به بحث درباره نتایج و تحلیل آنها خواهیم پرداخت .

۴-۲- نتایج مدل هیدرولوژیکی :

همانطور که در فصل سوم اشاره شد ، در این حالت برای بررسی اثر چک دمها در کاهش دبی اوج و افزایش زمان رسیدن به اوج، زمان تمرکز زیرحوضه‌هایی که در آنها چک دم اجرا می‌شود با توجه به شیب ثانویه (که در اثر ساخت چک دمها ایجاد می‌شود) تغییر داده می‌شود و البته در این حالت مخزن ذخیره چکدمها پر از رسوب فرض می‌شود . مدل HEC-HMS برای شرایط جدید اجرا می‌گردد و چهار سناریو با توجه به شیب ثانویه زیرحوضه پس از ساخت چک دم در نظر گرفته می‌شود :

الف- حالت فعلی حوضه

ب- کاهش شیب زیرحوضه تا ۰/۵ برابر شیب اولیه

ج- کاهش شیب زیرحوضه تا ۰/۱ شیب اولیه

د- کاهش شیب زیرحوضه تا ۰/۰۱ شیب اولیه .

برای در نظر گرفتن اثر بارندگی، برای تعریف بارش در گیجهای باران سنج ، دو بارش در نظر گرفته می‌شود که بارش کل دوم دو برابر بارش کل اول می‌باشد. به دلیل کوهستانی بودن منطقه کن ، در مناطق شمالی زیر حوضه گیج ۱ و در مناطق جنوبی گیج ۲ برای تعیین میزان بارندگی تعریف می‌شوند .

در جدول ۴-۱، مشخصات دبی خروجی در نقاط مختلف حوضه در هر سناریو آورده شده است. در این جدول [43]J خروجی از زیرحوضه امامزاده داود (ع)، [83]J خروجی از زیرحوضه کشار، [64]J خروجی از زیرحوضه سنگان و [106]J مجموع خروجی از زیرحوضه‌های بالادست سولقان است. شکل ۴-۱-۱ جانمایی این زیر حوضه ها را نشان می‌دهد .

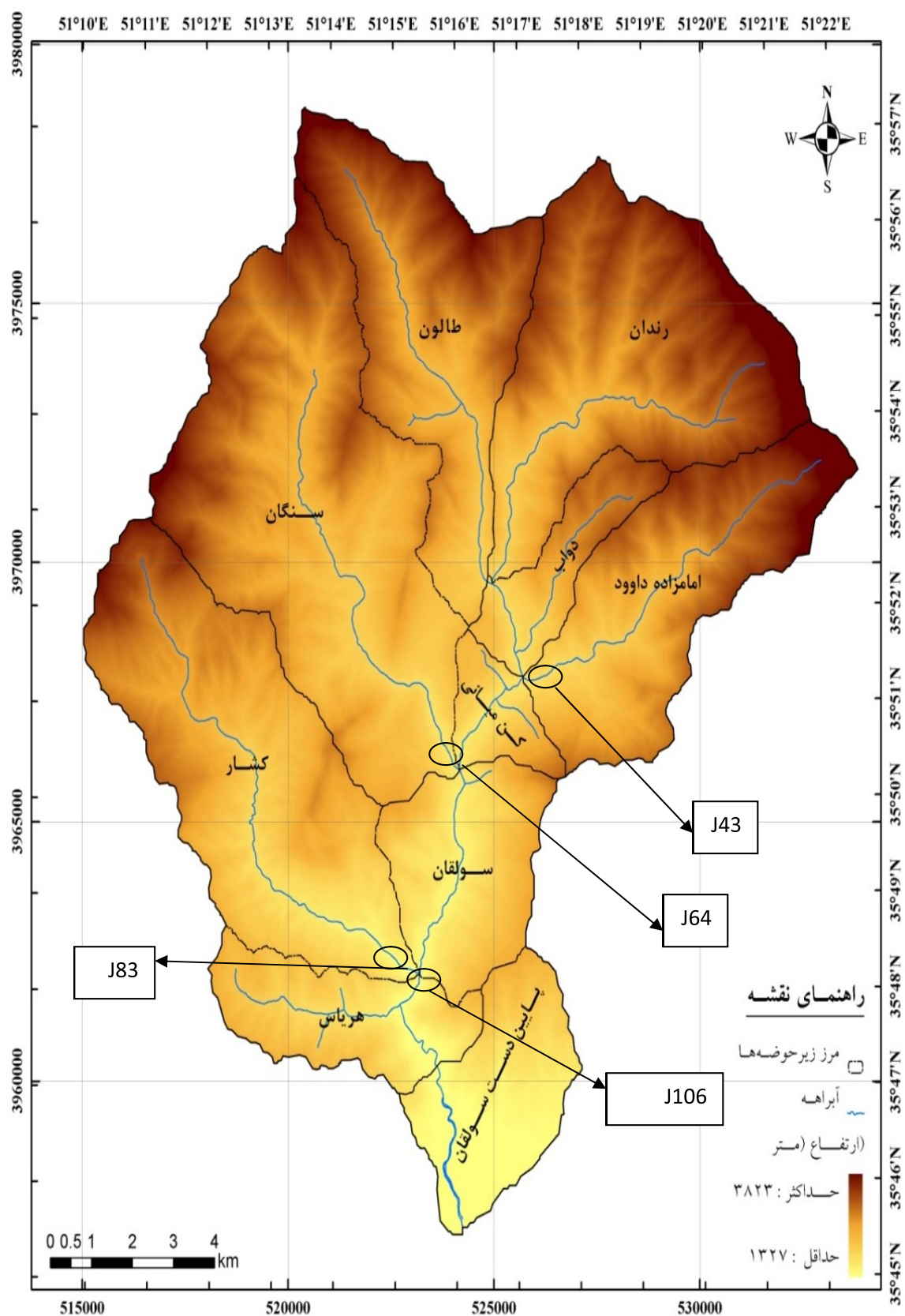
همانطور که ملاحظه می‌شود درصد میانگین کاهش دبی اوج در هر سناریوی ساخت چک دم (ستون آخر جدول ۴-۱) روند رو به رشدی دارد . زیرا وقتی مخزن چک دمها پر فرض می‌شود ، سیل در مخزن آنها روندیابی نمی‌شود و به عبارت دیگر اثر ساخت چک دم تراس بندی و کاهش شیب زیر حوضه است و زمانیکه درصد کاهش شبیها بیشتر باشد ، به معنای آنست که چک دمها نیز موثرتر

هستند و درصد میانگین کاهش دبی اوج (ستون آخر جدول ۴-۱) - که در چند زیر حوضه در خروجی های مختلف میانگین گیری انجام شده است - در هر سناریو افزایش می یابد .

جدول ۴-۱- مشخصات خروجی مدل در سناریوهای مختلف در چهار نقطه از حوضه آبریز

	J[43]		J[83]		J[106]		J[64]		میانگین کاهش دبی اوج (%)
	Time to peak	Qp	Time to peak	Qp	Time to peak	Qp	Time to peak	Qp	
بدون چك	21:20	25.9	21:50	10	22:30	51.7	22:00	11.3	--
چك دم $S=0.5S.$	21:20	25.9	22:00	10	22:30	51.7	22:00	11.2	0.2
چك دم $S=0.1S.$	21:30	25.8	22:10	9.8	22:40	51.3	22:10	10.9	1.7
چك دم $S=0.01S.$	22:00	24.9	22:40	9.1	23:00	48.9	22:10	10.1	7.2

در جدول ۴-۲، اثر ساخت چك دم با سناریوهای مختلف کاهش شیب زیرحوضه ها به تفکیک نقاط خروجی (زیرحوضه های اصلی) آورده شده است و در آن دو عامل درصد کاهش دبی اوج در اثر ساخت چك دم و افزایش زمان رسیدن به دبی اوج محاسبه شده است .



شکل ۴-۱- جانمایی زیر حوضه ها

جدول ۴-۲- مشخصات خروجی مدل در سناریوهای مختلف در هریک از خروجی ها

	J43				J106			
	Q	Q_0-Q/Q_0*100	Time to peak	T-T ₀	Q	Q_0-Q/Q_0*100	Time to peak	T-T ₀
بیون چک	25.9	-	21:20	-	51.7	-	22:30	-
0.5 S ₀	25.9	0	21:20	00:00	51.7	0	22:30	00:00
0.1 S ₀	25.8	0.39	21:30	00:10	51.3	0.77	22:40	00:10
0.01 S ₀	24.9	3.86	22:00	00:40	48.9	5.41	23:00	00:30
	J64				J83			
	Q	Q_0-Q/Q_0*100	Time to peak	T-T ₀	Q	Q_0-Q/Q_0*100	Time to peak	T-T ₀
بیون چک	11.3	-	22:00	-	10	-	21:50	-
0.5 S ₀	11.2	0.88	22:00	00:00	10	0	22:00	00:10
0.1 S ₀	10.9	3.54	22:10	00:10	9.8	2	22:10	00:20
0.01 S ₀	10.1	10.61	22:10	00:10	9.1	9	22:40	00:50

همانطور که ملاحظه می‌شود، در سناریوی دوم (کاهش شیب زیرحوضه به نصف شیب اولیه)، زمان رسیدن به اوج و مقدار دبی اوج نسبت به حالت اولیه حوضه تغییری نمی‌کند و بنابراین این سناریو توصیه نمی‌شود. برعکس در سناریوی چهارم (شیب ۰.۰۱ برابر می‌شود)، بیشترین تاثیر ساخت چک دم در کاهش دبی اوج و افزایش زمان رسیدن به اوج دیده می‌شود، حداکثر کاهش دبی اوج در

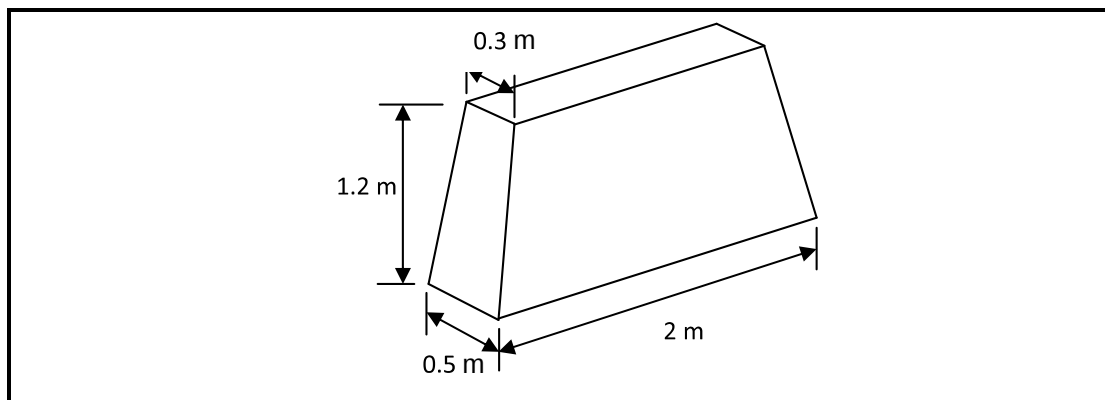
زیر حوضه مربوط به خروجی سنگان با ۱۰.۶۱٪ کاهش و حداقل آن در خروجی مربوط به خروجی امامزاده داوود با ۳.۸۶٪ کاهش می باشد. حداکثر تاخیر در زمان رسیدن به اوج مربوط به خروجی کشار و با ۵۰ دقیقه تاخیر خواهد بود و در بقیه زیر حوضه ها بین ۱۰ تا ۴۰ دقیقه می باشد.

از آنجا که این خروجی ها شامل چندین زیر حوضه بوده و هر یک از این زیر حوضه ها پارامترهای متفاوتی دارند نمی توان مقایسه جامعی بین نتایج انجام داد. تنها در یک نگاه کلی به نتایج در خروجی های اصلی می توان دید که این مدل با فرض کردن مخازن پر برای چک دمها، نمی تواند به نحو مطلوبی تامین کننده اهداف طرح باشد زیرا در این حالت تعداد چک دمهای مورد نیاز و در نتیجه هزینه اجرای آن زیاد است اما ساخت این چک دمها حداکثر ۱۰.۶٪ دبی اوج را کاهش و ۵۰ دقیقه زمان رسیدن به اوج را افزایش می دهد. این نتایج توجیه کننده اجرای چک دمها با این مشخصات نیست.

در جدول ۳-۴ تعداد چک دمهای مورد نیاز برای سناریوهای مختلف تغییر شیب، آورده شده است. در این جدول برای هر سناریو، تعداد چک دمها برای ارتفاع ۱ و ۲ متری محاسبه شده است. همانطور که ملاحظه می شود، هرچه شیب حوضه ها بیشتر کاهش پیدا کند، تعداد چک دمهای مورد نیاز و در نتیجه هزینه ساخت و اجرای آنها بیشتر می شود البته اختلاف بین تعداد چک دمها در دو سناریوی آخر نسبت به سناریوی اول کم است.

جدول ۳-۴- تعداد چک دمهای مورد نیاز برای سناریوهای مختلف کاهش

h=2	h=1m		
2615	5230	$S=0.5S_0$	تعداد کل چک دمهای مورد نیاز
4707	9415	$S=0.1(S_0)$	
5179	10357	$S=0.01(S_0)$	



شکل ۴-۲- نمونه‌ای از ابعاد پیشنهادی برای چک دم‌های اجرایی در جوزه رودخانه کن

همانطور که پیداست بهترین حالت که نتایج آن در کاهش دبی اوج و افزایش زمان رسیدن به پیک چشمگیر است، سناریوی چهارم است که در اینصورت تعداد چک دمها بین ۵ تا ۱۰ هزار عدد خواهد بود!

با توجه به مباحث مطرح شده نتایج بدست آمده به شرح زیر می‌باشد:

۱- ساخت چک دم با گزینه دوم با توجه به افزایش اندک زمان رسیدن به دبی اوج و عدم کاهش

دبی اوج در مقایسه با حالت اولیه زیرحوضه‌ها، توصیه نمی‌شود.

۲- با کاهش شیب سرشاخه‌ها به یکصدم شیب اولیه (سناریوی چهارم)، حداکثر کاهش در دبی

اوج و افزایش در زمان رسیدن به اوج ایجاد می‌شود. البته درصد کاهش دبی اوج در خروجی

سولقان بیشتر از خروجی امامزاده داود (ع) می‌باشد.

۳- با توجه به تاثیر نه چندان زیاد اجرای چک دم با متدولوژی ارائه شده (مدلسازی

هیدرولوژیکی و تاثیر ساخت چک دم در کاهش شیب سرشاخه‌ها و افزایش زمان تمرکز آنها)،

توصیه می‌شود که با استفاده از ترکیب مدلسازی هیدرولوژیکی و هیدرولیکی تاثیر ساخت

چک دم‌ها مجددا بررسی شود.

۴- بطور کلی اجرای گزینه چک دم با توجه به تعداد کل چک دم‌های بدست آمده و همچنین تاثیر چک دم‌ها در کاهش دبی اوج اقتصادی بنظر نمی‌رسد. البته اجرای این گزینه بایستی همراه با سایر گزینه‌های غیر سازه‌ای مانند اقدامات آبخیزداری به صورت ترکیبی بررسی شود.

۳-۴- نتایج مدل هیدرولیکی :

در این مدل مخازنی به عنوان چک دم در نرم افزار تعریف می شود و مخزن‌ها خالی از رسوبات و با وجود جریان دائمی آب فرض می شوند. برای این مدل‌سازی زیر حوضه‌هایی که برای ساخت چک دم به عنوان نقاط هدف انتخاب شده اند به صورت مجزا مدل می شوند. برای بررسی‌های دقیقتر دو نوع مدل‌سازی انجام شده است و نتایج این مدل‌ها در دو حالت قابل بررسی است :

۳-۴-۱- انتخاب ۵ زیر حوضه متفاوت با شیب‌های مختلف در مدل‌سازی :

همانطور که از جدول ۴-۴ پیداست ، بعنوان مثال در زیرحوضه ۱۴۵ که شیب میانگین واقعی آن ۲۰٪ است وقتی تعداد چک دم‌ها ۵ تا ست دبی خروجی ۲۰.۲۷ متر مکعب بر ثانیه بوده و وقتی تعداد آنها به ۱۵۰ چک دم میرسد دبی اوج به ۲.۷ متر مکعب بر ثانیه کاهش می یابد ، یعنی یک کاهش ۸۶.۷ درصدی در دبی خروجی . زمان رسیدن به اوج هم یکساعت و دوازده دقیقه افزایش دارد . همانگونه که انتظار میرود وقتی شیب تند تر باشد ، دبی جریان زیاد است و برای کاهش دبی تعداد چک دم‌های بیشتری نیاز است . اما در شیب‌های ملایمتر با تعداد چک دم‌های کمتری می توان به کاهش دبی اوج در حد مطلوبی دست پیدا کرد.

جدول ۴-۴- دبی اوج و زمان رسیدن به پیک در شیبه‌های مختلف با تعداد متفاوت چکدم

N.O.C.D	Q	DATE	TIME	$Q_{n-1}-Q_n$	T_n-T_{n-1}	Q_0-Q_n	$[(Q_0-Q_n)/Q_0] \times 100$	T_n-T_0	S0=18%- S144
0	16	01-Jan	00:10	-	-	-	-	-	
5	15.41	01-Jan	00:10	3.1	00:00	0.59	3.7	00:00	
10	12.31	01-Jan	00:20	3.1	00:10	3.69	23.1	00:10	
20	9.96	01-Jan	00:27	2.35	00:07	6.04	37.8	00:17	
50	7.32	01-Jan	00:47	2.64	00:20	8.68	54.3	00:37	
100	3.89	01-Jan	01:15	3.43	00:28	12.11	75.7	01:05	
150	2.49	01-Jan	02:01	1.4	00:46	13.51	84.4	01:51	

N.O.C.D	Q	DATE	TIME	Q_n-Q_{n-1}	T_n-T_{n-1}	Q_0-Q_n	$[(Q_0-Q_n)/Q_0] \times 100$	T_n-T_0	S0=25%- S145
0	24.31	01-Jan	00:03	-	-	-	-	-	
5	20.27	01-Jan	00:18	4.04	00:15	4.04	16.62	00:15	
10	16.22	01-Jan	00:21	4.05	00:03	8.09	33.28	00:18	
20	13.16	01-Jan	00:24	3.06	00:03	11.15	45.87	00:21	
50	9.26	01-Jan	00:36	3.9	00:12	15.05	61.91	00:33	
100	3.8	01-Jan	00:56	5.46	00:20	20.51	84.37	00:53	
150	2.7	01-Jan	01:30	1.1	00:34	21.61	88.89	01:27	

ادامه جدول ۴-۴- دبی اوج و زمان رسیدن به پیک در شبیه‌های مختلف با تعداد متفاوت چکدم

N.O.C.D	Q	DATE	TIME	$Q_{n-1}-Q_n$	T_n-T_{n-1}	Q_0-Q_n	$[(Q_0-Q_n)/Q_0] \times 100$	T_n-T_0	S0=34%- S157
0	6.02	01-Jan	00:15	-	-	-	-	-	
5	5.86	01-Jan	00:19	0.16	00:04	0.16	2.7	00:04	
10	4.93	01-Jan	00:22	0.93	00:03	1.09	18.1	00:07	
20	4.08	01-Jan	00:25	0.85	00:03	1.94	32.2	00:10	
50	2.94	01-Jan	00:34	1.14	00:09	3.08	51.2	00:19	
100	0.8	01-Jan	00:52	2.14	00:18	5.22	86.7	00:37	
150	0.6	01-Jan	01:22	0.2	00:30	5.42	90.0	01:07	

N.O.C.D	Q	DATE	TIME	$Q_{n-1}-Q_n$	T_n-T_{n-1}	Q_0-Q_n	$[(Q_0-Q_n)/Q_0] \times 100$	T_n-T_0	S0=42%- S100
0	42	01-Jan	00:15	-	-	-	-	-	
5	41.78	01-Jan	00:17	0.22	00:02	0.22	0.5	00:02	
10	32.77	01-Jan	00:20	9.01	00:03	9.23	22.0	00:05	
20	26.16	01-Jan	00:23	6.61	00:03	15.84	37.7	00:08	
50	18.73	01-Jan	00:41	7.43	00:18	23.27	55.4	00:26	
100	8.53	01-Jan	01:04	10.2	00:23	33.47	79.7	00:49	
150	3.59	01-Jan	01:43	4.94	00:39	38.41	91.5	01:28	

ادامه جدول ۴-۴- دبی اوج و زمان رسیدن به پیک در شیبه‌های مختلف با تعداد متفاوت چکدم

N.O.C.D	Q	DATE	TIME	$Q_{n-1}-Q_n$	T_n-T_{n-1}	Q_0-Q_n	$[(Q_0-Q_n)/Q_0] \times 100$	T_n-T_0	S0=54%- S205
0	5.98	01-Jan	00:10	-	-	-	-	-	
5	5.66	01-Jan	00:14	0.32	00:04	0.32	5.4	00:04	
10	4.5	01-Jan	00:20	1.16	00:06	1.48	24.7	00:10	
20	3.38	01-Jan	00:22	1.12	00:02	2.6	43.5	00:12	
50	2.05	01-Jan	00:38	1.33	00:16	3.93	65.7	00:28	
100	2	01-Jan	01:01	0.05	00:23	3.98	66.6	00:51	
150	1.94	01-Jan	01:39	0.06	00:38	4.04	67.6	01:29	

با توجه به جدول ۴-۴، در مورد دبی اوج خروجی بیشترین تغییر در زیر حوضه ۱۰۰ و کمترین تغییر در زیر حوضه ۲۰۵ دیده می شود. در زیر حوضه ۱۰۰ که شیب میانگین آن ۴۰٪ است، کاهش دبی اوج ۹۱.۵ درصد و در زیر حوضه ۲۰۵ که شیب میانگین ۵۰٪ را نشان می دهد، کاهش دبی اوج ۶۷.۶ درصد است. در خصوص افزایش زمان رسیدن به اوج در زیر حوضه ۱۴۴، زمانی معادل یک ساعت و پنجاه و یک دقیقه تاخیر نسبت به حالت بدون چکدم دیده می شود که نشان می دهد که بیشترین تاخیر در همین زیر حوضه رخ میدهد.

از این حالت از مدلسازی هیدرولیکی نتایج زیر حاصل می شود:

- ۱- وقتی شیب تندتر می شود، نیاز است تعداد چک دمها بیشتر باشد تا نتایج بهتری در کاهش مشخصات هیدروگراف سیل حاصل گردد، همانطور که در روابط بخش ۳-۵ ذکر شد، سطح آب ذخیره شده نسبت معکوس با شیب بکر زمین دارد. در شیبه‌های ملایمتر رواناب کمتری رخ می دهد و با افزایش تعداد چک دمها، اثر آنها در روند یابی سیل محسوستر خواهد بود.

۲- علت اساسی تفاوت بین نتایج در زیر حوضه های مختلف ، شرایط متفاوت زیر حوضه هاست . این زیر حوضه ها دارای شیب ، مساحت ، طول رود ، میزان نفوذ پذیری ، گيج بارش ، ضریب تلفات اولیه و عدد منحنی متفاوت هستند . این تفاوت ها باعث می شود که هر زیر حوضه با ویژگیهای خاص خودش ، دارای بارش متفاوتی باشد و از آنجا که درصد نفوذپذیری و مساحت و شیب زیر حوضه ها متفاوت است ، میزان رواناب نیز یکسان نبوده و از اینرو در نتایج به دست آمده تمامی این فاکتورها دخیل هستند . در واقع این نتایج به چندین متغیر وابسته است و هر یک به صورت مجزا نیاز به بررسی و تفسیر دارد .

۳- ساخت چک دمها (با فرض مخزن خالی از رسوبات و وجود جریانات دائمی) در تله اندازی سیل بسیار موثر خواهد بود . این مدل نشان داد که با ساخت ۵ عدد چک دم بین ۰.۵ تا ۱۶.۶ درصد از دبی اوج کاسته شده و زمان رسیدن به اوج تا پانزده دقیقه به تاخیر خواهد افتاد . با ساخت ۱۵۰ چک دم دبی اوج بین ۶۸ تا ۹۱ درصد کاهش یافته و زمان رسیدن به اوج تا نزدیک به دو ساعت افزایش خواهد داشت .

۴- نتایج این مدل سازی ، اثرات مثبت ساخت چک دمها را به خوبی تائید و تصدیق می کند . تعداد چک دمهای مورد نیاز در این حالت در هر زیر حوضه می تواند به ۱۵۰ عدد چک دم محدود شود، البته بین حالتیکه ۱۰۰ چک دم وجود دارد و حالتیکه ۱۵۰ چک دم ساخته می شود تغییر زیادی در کاهش دبی اوج دیده نمی شود لذا برای تفاوت اندک ساخت ۵۰ چک دم اضافه تر مناسب نیست اما این تعداد چک دم در افزایش زمان رسیدن به اوج تاثیر به ویژه ای دارد . لذا در هر زیر حوضه ۱۵۰ عدد چک دم مناسب خواهد بود که در مقایسه با مدل هیدرولوژیکی بسیار کمتر است .

۵- برای مطالعه دقیقتر اثر چک دمها از مدل سازی هیدرولیکی دیگری استفاده می شود که تمامی فاکتورها به جز شیب اولیه و در نتیجه زمان تمرکز ثابت فرض می شود .

۴-۳-۲- نتایج مدلسازی برای حالت فوق که وابسته به چند فاکتور بود ، نمی توانست به تنهایی اثر ساخت چک دمها را نشان دهد ، برای اینکه به طور خاص فقط اثر چک دمها را ببینیم ، مجدداً مدلسازی در نرم افزار HEC-HMS انجام شد که روند مدلسازی همانند روش تشریح شده در بخش قبل است ، با این تفاوت که این بار تنها یک زیر حوضه شاهد مدل می شود ، با شیب های متفاوت .

نتایج این مدلسازی در جدول ۴-۵ آمده است :

جدول ۴-۵- نتایج مدلسازی زیرحوضه شاهد در شیبهای مختلف

N.O.C.D	Q	DATE	TIME	$Q_n - Q_{n-1}$	$T_n - T_{n-1}$	$Q_0 - Q_n$	$[(Q_0 - Q_n)/Q_0] * 100$	$T_n - T_0$	S0=۸۰
0	24.86	01-Jan	20:47	0	0	0	0	00:00	
5	12.89	01-Jan	23:19	11.97	02:32	11.97	48.150	02:32	
10	7.93	01-Jan	23:34	4.96	00:15	16.93	68.101	02:47	
20	4.806	01-Jan	23:51	3.124	00:17	20.05	80.668	03:04	
50	3.72	01-Jan	24:00:00	1.086	00:09	21.14	85.036	03:13	
100	2.014	02-Jan	00:20	1.706	00:20	22.85	91.899	03:33	

N.O.C.D	Q	DATE	TIME	$Q_n - Q_{n-1}$	$T_n - T_{n-1}$	$Q_0 - Q_n$	$[(Q_0 - Q_n)/Q_0] * 100$	$T_n - T_0$	S0=۲۰
0	25.99	01-Jan	20:33	0	0	0	0	00:00	
5	15.33	01-Jan	23:03	10.66	02:30	10.66	41.016	02:30	
10	9.24	01-Jan	23:18	6.09	00:15	16.75	64.448	02:45	
20	5.81	01-Jan	23:50	3.43	00:32	20.18	77.645	03:17	
50	4.9	01-Jan	23:57	0.91	00:07	21.09	81.147	03:24	
100	2.28	02-Jan	00:20	2.62	00:23	23.71	91.227	03:47	

ادامه جدول ۴-۵- نتایج مدلسازی زیرحوضه شاهد در شیبه‌های مختلف

N.O.C.D	Q	DATE	TIME	$Q_n - Q_{n-1}$	$T_n - T_{n-1}$	$Q_0 - Q_n$	$[(Q_0 - Q_n)/Q_0] * 100$	$T_n - T_0$	S0=٪۳۰
0	26.53	01-Jan	20:30	0	0	0	0	00:00	
5	16.68	01-Jan	22:50	9.85	02:20	9.85	37.128	02:20	
10	10.54	01-Jan	23:04	6.14	00:14	15.99	60.271	02:34	
20	7.39	01-Jan	23:37	3.15	00:33	19.14	72.145	03:07	
50	6.58	01-Jan	23:48	0.81	00:11	19.95	75.198	03:18	
100	2.68	02-Jan	00:20	3.9	00:32	23.85	89.898	04:10	

N.O.C.D	Q	DATE	TIME	$Q_n - Q_{n-1}$	$T_n - T_{n-1}$	$Q_0 - Q_n$	$[(Q_0 - Q_n)/Q_0] * 100$	$T_n - T_0$	S0=٪۴۰
0	27.29	01-Jan	20:17	0	0	0	0	00:00	
5	18.86	01-Jan	22:34	8.43	02:17	8.43	30.890	02:17	
10	12.49	01-Jan	22:47	6.37	00:13	14.8	54.232	02:30	
20	9.17	01-Jan	23:21	3.32	00:34	18.12	66.398	03:04	
50	8.09	01-Jan	23:48	1.08	00:27	19.2	70.355	03:31	
100	3.85	02-Jan	00:10	4.24	00:22	23.44	85.892	03:53	

ادامه جدول ۴-۵- نتایج مدلسازی در زیر حوضه شاهد در شبیه‌های مختلف

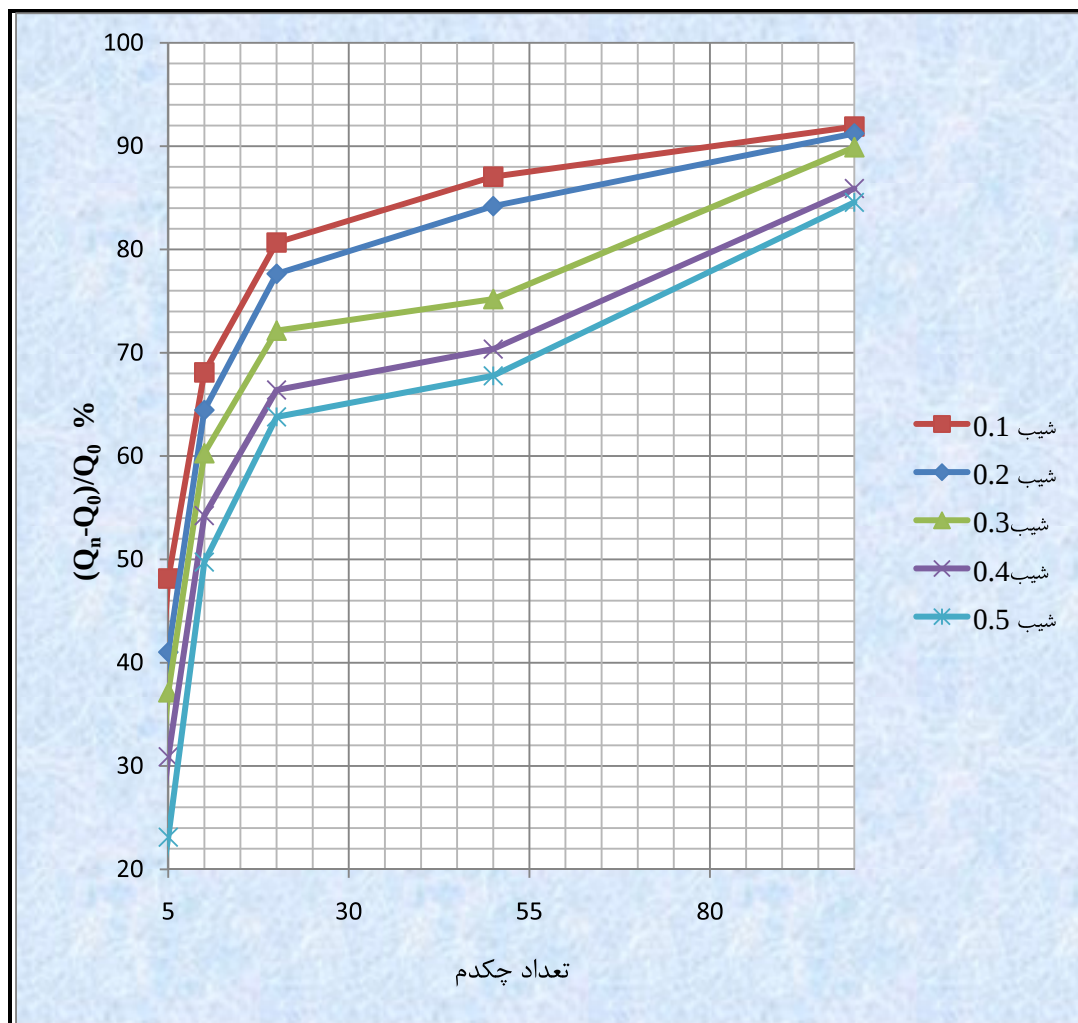
N.O.C.D	Q	DATE	TIME	$Q_n - Q_{n-1}$	$T_n - T_{n-1}$	$Q_0 - Q_n$	$[(Q_0 - Q_n)/Q_0] * 100$	$T_n - T_0$	S0=۵۰
0	28.17	1-JAN	20:03	0	0	0	0	00:00	
5	21.66	1-JAN	22:17	6.51	02:14	6.51	23.110	02:14	
10	14.16	1-JAN	22:32	7.5	00:15	14.01	49.734	02:29	
20	10.2	1-JAN	23:17	3.96	00:45	17.97	63.791	03:14	
50	9.08	1-JAN	23:42	1.12	00:25	19.09	67.767	03:39	
100	3.47	2-JAN	00:10	5.61	00:22	23.82	84.558	03:53	

از جدول فوق نتایج زیر حاصل می گردد:

الف - هنگامیکه کلیه شرایط اولیه از قبیل مساحت ، عدد منحنی و غیره یکسان است و تنها فاکتور متغیر شیب زیر حوضه است - که اثر آن در برنامه با تغییر زمان تمرکز نشان داده می شود - هرچه شیب حوضه کمتر باشد ، دبی خروجی نیز کمتر است . زیرا همانطور که انتظار می رود ، شیب تندتر موجب رواناب و سیل بیشتر می شود . در جدول فوق نیز وقتی شیب ۱۰٪ است دبی اولیه (تعداد چک دم = صفر) ۲۴.۸۶ مترمکعب بر ثانیه است اما مقدار دبی اولیه در حالتیکه شیب ۵۰٪ است ، به ۲۸.۱۷ متر مکعب بر ثانیه می رسد که نشان دهنده همین مطلب است . به همین ترتیب زمان رسیدن به اوج در زیرحوضه با شیب کمتر نسبت به زیرحوضه ای که شیب بیشتری دارد ، با تاخیر بیشتری همراه است .

ب - با ساخت چک دم در هر حالت دبی اوج کاهش می یابد . این کاهش بین ۹۱.۸۹٪ در حالت شیب ۰.۱ تا ۸۴.۵۵٪ در حالت شیب ۰.۵ متغیر است . درصد کاهش دبی اوج در شبیه‌های مختلف به صورت پارامترهای بی بعد در نمودار شکل ۴-۳ قابل ملاحظه است . در جدول ۴-۵ نیز ستونهای

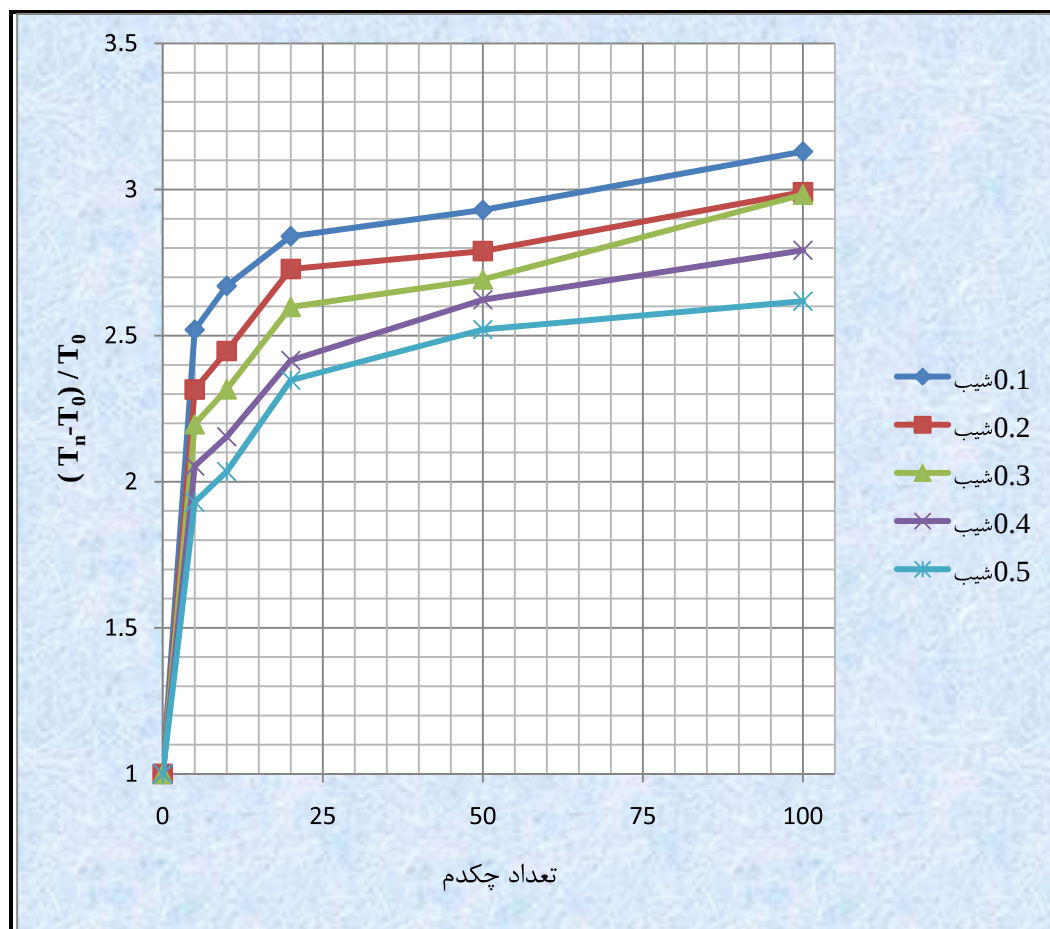
خاکستری رنگ این درصد را نشان می دهد . ملاحظه می شود که برای تعداد چکدم یکسان هرچه شیب حوضه بیشتر باشد، میزان کاهش دبی اوج کمتر خواهد بود.



شکل ۴-۳- درصد تغییرات دبی در هر شیب $(Q_n - Q_0) / Q_0$ - تعداد چک دم - در مدل هیدرولیکی زیرحوضه شاهد

ج - زمان رسیدن به اوج با افزایش چک دمها در هر حالت افزایش می یابد . در نمودار شکل ۴-۴ این مطلب مشهود است . در این شکل تغییرات زمان رسیدن به اوج نسبت به حالت بدون چک دم و به صورت پارامترهای بی بعد آمده است . همانطور که مشهود است وقتی ۵ عدد چک دم در هر حالت ساخته می شود یک جهش بزرگ در نمودار خواهیم داشت که نشانه تاثیر مثبت ساخت چک دمها

در افزایش زمان رسیدن به اوج است . پس از آن نیز روند صعودی در کاهش دبی پیک ادامه خواهد داشت .

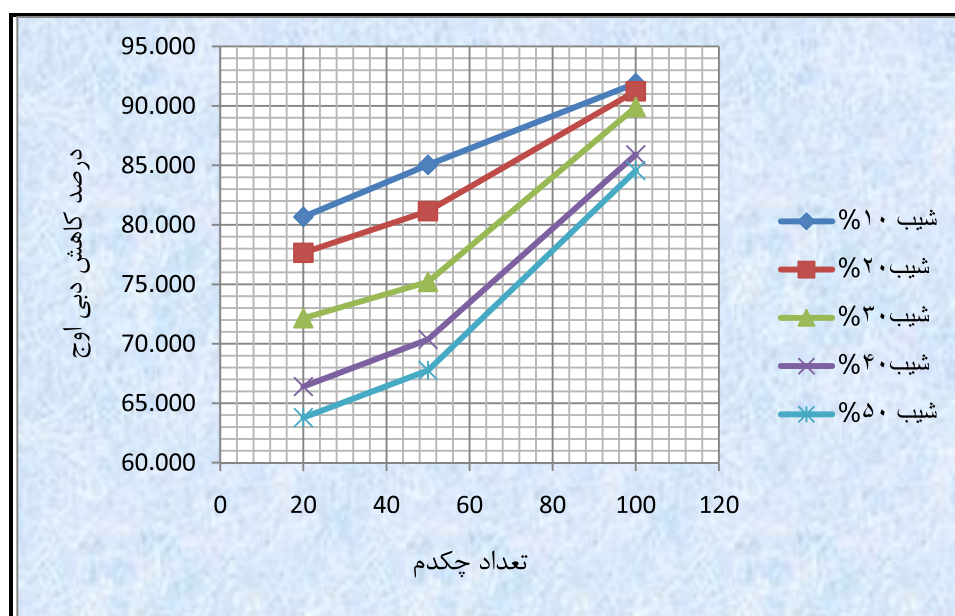


شکل ۴-۴- نمودار تغییرات زمان رسیدن به اوج $(T_n - T_0)/T_0$ به تعداد چک دم - مدل هیدرولیکی زیرحوضه شاهد

در تفسیر نتایج حاصل از مدل هیدرولیکی موارد زیر حائز اهمیت است :

- ۱- با توجه به اینکه سایر فاکتورها یکسان هستند ، هرچه شیب اولیه زیرحوضه کمتر باشد، رواناب کمتری رخ خواهد داد و این امر در نتایج به دست آمده نیز مشهود است ، بدین نحو که در شیب ۱۰٪ کل رواناب در آخرین خروجی ۵.۷ میلی متر بوده و در شیبهای تندتر این مقدار تدریجاً افزایش می یابد و نهایتاً در شیب ۵۰٪ کل رواناب در آخرین خروجی ۶.۲ میلی متر است .

۲- با ساخت چکدمها تغییرات محسوس و مشخصی در دبی خروجی و زمان رسیدن به اوج دیده می شود. در نمودارهای ۳-۴ و ۴-۴ بین حالتیکه تعداد چکدمها ۵ باشد و حالتیکه چکدمی ساخته نشده است، یک جهش عمده دیده می شود که تصدیق کننده این مسئله است. با افزایش تعداد چکدمها کاهش دبی خروجی نیز ادامه می یابد. با افزایش تعداد چکدمها و تراس بندی در مسیر رود، شیب ثانویه کم و کمتر می شود تا جائیکه به تدریج اضافه کردن تعداد چکدمها در کاهش شیب ثانویه، تاثیر چندانی نخواهد داشت، از طرفی با در نظر گرفتن میزان بارش و روانابی که وجود دارد و با توجه به حجم مخزن چکدمها، حجم زیادی از سیل در پشت چکدمها روندیابی می شود و در هر حالت هیدرگراف سیل را به تاخیر می اندازد، لذا زمانیکه ۲۰ عدد چکدم در مسیر این رود ساخته می شود، بین ۶۳.۸٪ (در شیب ۵۰٪) تا ۸۰.۷٪ (در شیب ۱۰٪) از دبی اوج کاسته شده است و پس از آن تا زمانیکه ۱۰۰ عدد چکدم ساخته می شود این مقادیر به ترتیب به ۹۱.۹٪ و ۸۴.۶٪ تغییر پیدا می کند. در واقع قسمت اعظم سیل با ساخت ۲۰ عدد چکدم با ظرفیت مخزن مشخص؛ کنترل و مهار می شود و با ساخت تعداد بیشتری از چکدمها (از ۲۰ تا ۱۰۰ چکدم) مقدار کاهش دبی اوج، تفاوت زیادی ندارد. در شکل ۴-۵ درصد کاهش دبی بین حالت ۲۰ و ۱۰۰ چک دم نمایش داده شده است.

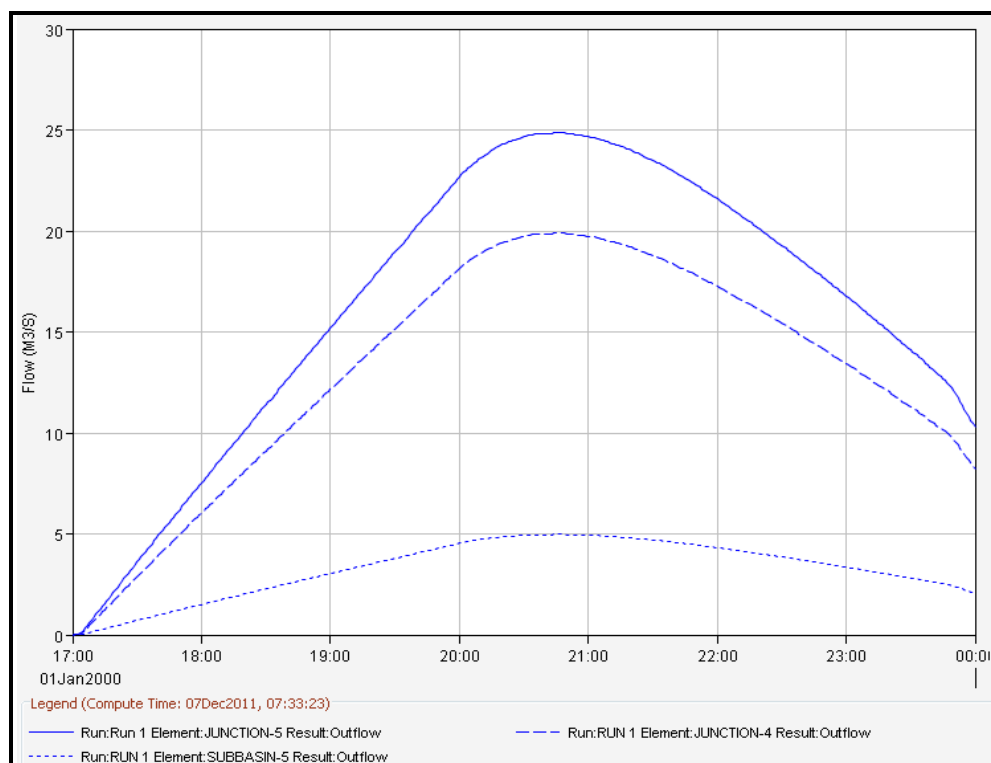


شکل ۴-۵- نمودار تغییرات دبی اوج بین ۲۰ تا ۱۰۰ چک دم در هر شیب- مدل هیدرولیکی زیرحوضه شاهد

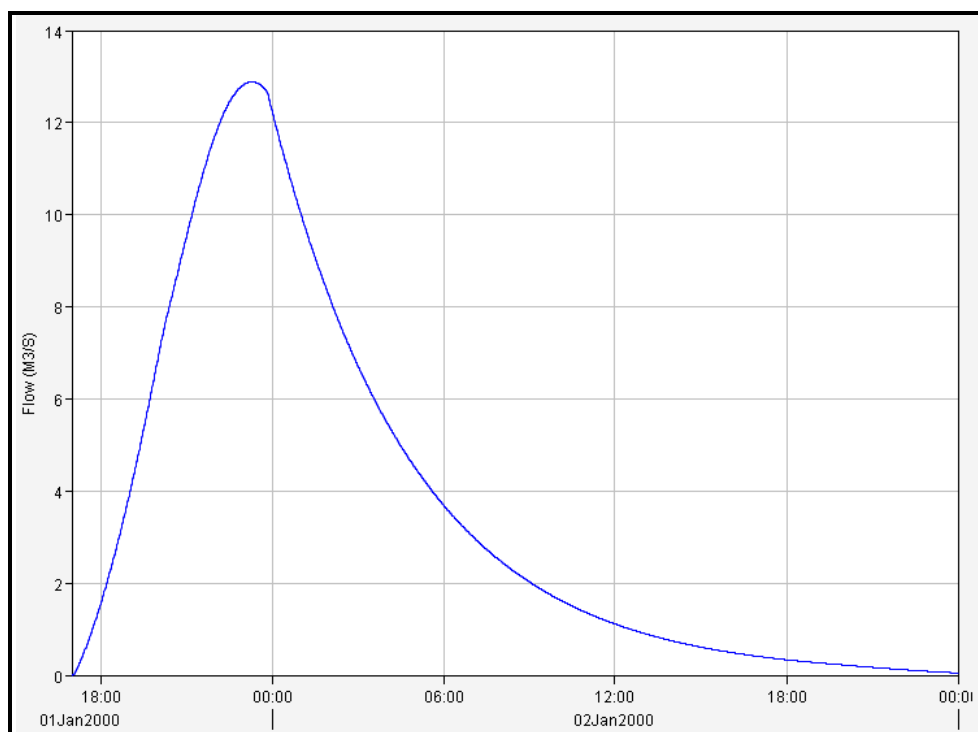
۳- در خصوص زمان رسیدن به اوج نیز می توان مشابه مورد ۲ استدلال کرد و همانطور که در نمودار شکل ۴-۴ مشخص است ، هر چه شیب اولیه بیشتر باشد زمان رسیدن به اوج کوتاهتر خواهد بود . با افزایش تعداد چکده‌ها زمان رسیدن به اوج افزایش می یابد که این به معنای رسیدن به زمان بیشتر جهت تخلیه شهر ها و روستاهای مجاور و کاهش خسارات و تلفات سیل خواهد بود . از بررسی نمودارها نتیجه می شود برای اینکه زمان رسیدن به اوج در حد مطلوبی تامین شود ، ساخت ۲۰ چکده کفایت می کند . به عبارتی زمان رسیدن به اوج وقتی ۲۰ چک دم ساخته می شود ۳ ساعت و ۴ دقیقه تاخیر (در شیب ۱۰٪) و ۳ ساعت و ۱۴ دقیقه تاخیر (در شیب ۵۰٪) به وجود می آورد و زمانی که تعداد چک ده‌ها به ۱۰۰ عدد می رسد این زمان ها به ترتیب ۳ ساعت و ۳۳ دقیقه تاخیر (در شیب ۱۰٪) و ۳ ساعت و ۵۳ دقیقه تاخیر (در شیب ۵۰٪) خواهد بود . پس ساخت ۲۰ چک دم در زیرحوضه برای افزایش زمان رسیدن به اوج کافیهست .

۴- از نمودارهای شکل ۳-۴ و ۴-۴ و از نکات گفته شده فوق می توان اینطور نتیجه گیری کرد که اجرای چکده‌ها در مسیر سیل باعث کاهش خصوصیات هیدروگراف سیل گردیده و قسمت اعظم سیل در مخزن چکده‌ها روندیابی می گردد ، بنابراین مشخصات هیدروگراف سیل کاهش چشمگیری داشته و بخش زیادی از انرژی مخرب سیل مستهلک می گردد . از طرفی چکده‌ها با ایجاد تاخیر زمانی در رسیدن سیل به پایین دست (افزایش زمان رسیدن به اوج) موجب کاهش صدمات و لطامات سیل می گردند . از طرفی با توجه به مطالب گفته شده در بندهای قبل و با در نظر گرفتن هزینه های ساخت ، در این زیر حوضه می توان بین ۲۰ تا ۵۰ عدد چکده ساخت و برای مهار سیلابهای مازاد بر آن از راهکارهای آبخیزداری و مدیریتی استفاده نمود ، که این مسئله از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه تر خواهد بود .

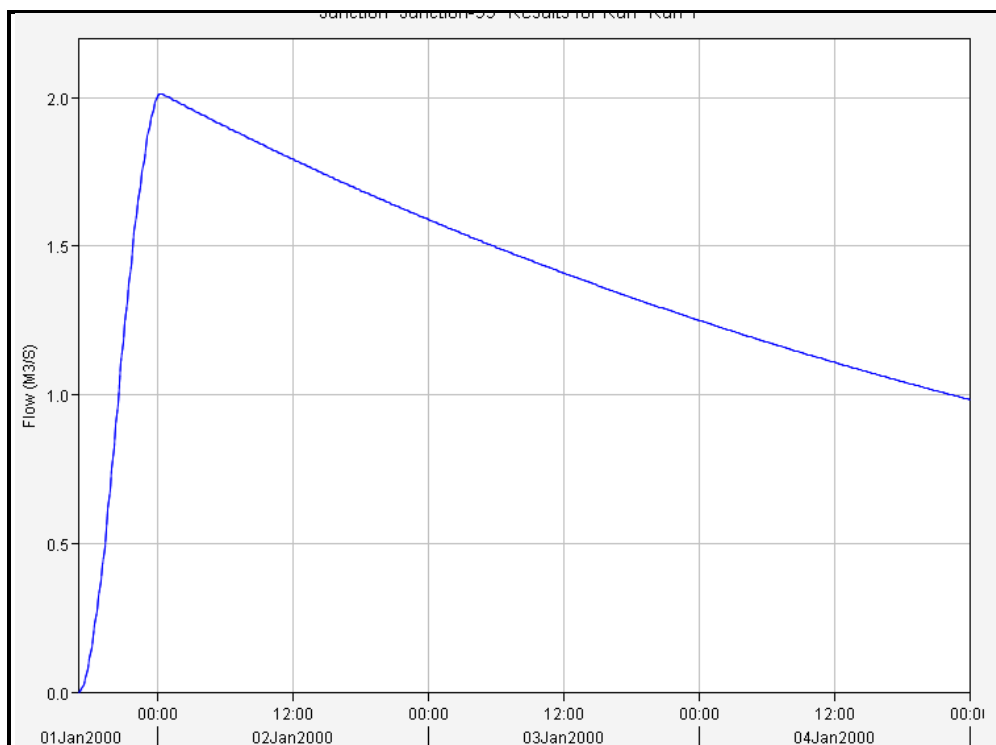
در شکلهای زیر هیدروگراف سیل در شیب ۱۰٪ در حالت بدون چک دم و حداقل و حداکثر تعداد چک دم نشان داده شد است . در سایر شیبها نیز روند مشابهی وجود دارد و این هیدروگرافها از خروجی برنامه به عنوان نمونه آورده شده است . (شکل ۴-۶ تا ۴-۸)



شکل ۴-۶- هیدروگراف سیل - شیب ۱۰٪ برای زیرحوضه شاهد-تعداد چک دم = صفر



شکل ۴-۷- هیدروگراف سیل - شیب ۱۰٪ برای زیرحوضه شاهد-تعداد چک دم = ۵



شکل ۴-۸- هیدروگراف سیل - شیب ۱۰٪ برای زیرحوضه شاهد -تعداد چک دم = ۱۰۰

هیدروگرافهای فوق که از جمله نتایج خروجی برنامه است، تصدیق کننده نقش بسیار موثر و مفید چک دمها در کاهش مشخصات هیدروگراف سیل است .

۵- با توجه به مدلی که برای یک زیر حوضه ساخته شد ، می توان تعداد کل چک دمهای مورد نیاز جهت کاهش مشخصات هیدروگراف سیل را در ۴۰ زیر حوضه دارای چک دم ، بین ۸۰۰ تا ۴۰۰۰ چک دم تخمین زد که نسبت به حالت قبل (مدل هیدرولوژیکی) کاهش قابل ملاحظه ای دارد .

فصل پنجم

بحث در نتایج و جمع

بندی

۵-۱- خلاصه :

منطقه کن با مساحتی حدود ۲۱۵ کیلومتر مربع و با در برداشتن مناطق زیارتی از جمله امامزاده داوود (ع)، مراکز تفریحی و جمعیتی، در نزدیکی تهران قرار دارد. بر اساس آمارهای موجود در سال ۱۳۶۶ سیلی در این منطقه روی داده است که خسارات زیادی داشته است. با اطلاعاتی که از پوشش گیاهی منطقه، شیب بکر زمین و میزان بارش نزولات آسمانی در این ناحیه کوهستانی وجود دارد، احتمال وقوع سیل در این منطقه زیاد بوده و در صورت وقوع سیل خسارات بسیار زیادی در پی خواهد داشت. لذا به کارگیری تمهیداتی برای کنترل و مهار سیل در حوضه آبریز کن مورد توجه بوده و نیاز به بررسیهای دقیقتر و بیشتری در خصوص اقدامات سازه ای و غیر سازه ای ممکن، برای کاهش خسارات سیل در آن خواهد بود. در این تحقیق سعی بر آنست که استفاده از روش سازه ای جهت کنترل و مهار سیل بررسی شود. گزینه ی سازه ای که در این تحقیق مد نظر قرار گرفته است، اجرای سدهای اصلاحی کوچک "چک دم" می باشد. این سازه به خاطر هزینه های اجرایی کم و سرعت بالای اجرا، گزینه ی مناسبی خواهد بود. برای دریافت اطلاعات اولیه حوضه آبریز کن از نرم افزار ArcGIS و برای مدلسازی آن از نرم افزار HEC-HMS استفاده شد. سپس مدلسازی در دو حالت انجام شد، اساس این مدلسازی در نظر گرفتن شرایط نگهداری چک دمهاست، زیرا اگر در طی زمان و بخصوص پس از بارندگیهای شدید و سیل مخزن چک دمها لایروبی نشود و رسوبات پشت آن تخلیه نشود، چک دمها فقط در کاهش شیب زیر حوضه ها، با تراس بندی آن؛ موثر خواهند بود و حالت اول مدلسازی - مدل هیدرولوژیکی - صادق خواهد بود. اما اگر نگهداری مناسب وجود داشته باشد و مخزن چک دمها عاری از رسوبات باشد، سیل در آنها روند یابی می شود و این حالت در مدلسازی هیدرولیکی مد نظر قرار گرفته است.

۵-۱-۱- خلاصه نتایج مدل هیدرولوژیکی که در آن اثر چک دمها در کاهش شیب زیر حوضه ها

لحاظ شده و مخزن چک دمها پر فرض می شود و در این مدل ۴ سناریو مورد بررسی قرار می گیرد :

الف - سناریوی اول با مدل کردن حوضه آبریز کن بدون تغییر شیب بکر زمین

ب- سناریوی دوم با کاهش شیب ثانویه به نصف شیب بکر

ج- سناریوی سوم که با کاهش شیب زمین به ۰.۱ شیب اولیه

د- سناریوی چهارم با کاهش شیب ثانویه به ۰.۰۱ شیب بکر زمین

۵-۱-۲- خلاصه نتایج مدل هیدرولیکی که در آن مخزن خالی برای چک دمها در نظر گرفته شده

و برای تعیین ظرفیت مخزن روابط هیدرولیکی حاکم از جمله رابطه سطح مخزن - تراز آب و دبی عبوری - تراز آب در نرم افزار مربوطه تعریف شد. در این مدل نیز دو سناریو مطرح شد :

الف- در حالت اول شیب بکر زمین در پنج گروه و از ۱۰٪ تا ۵۰٪ طبقه بندی شده و زیر حوضه هایی که در هر یک از این دسته ها هستند ، مشخص گردید . سپس از هر دسته یک زیر حوضه به عنوان نماینده ی زیر حوضه های دارای همان شیب مدل شد و در آنها پارامترهای متغیر ، متعدد بوده و شامل مواردی نظیر شیب اولیه ، طول رود و زمان تمرکز ، درصد نفوذپذیری و درصد تلفات اولیه ، مساحت زیر حوضه و بارندگی بود .

ب- در حالت دوم برای بررسی اثرات چک دمها در کنترل سیل ناشی از بارندگی یکسان در شیبهای مختلف ، تعداد پارامترهای متغیر تقلیل یافت . در این مدلها یک زیر حوضه به عنوان زیر حوضه شاهد انتخاب شد و تنها پارامتر متغیر شیب اولیه زیر حوضه و در نتیجه زمان تمرکز آن بود و با ثابت در نظر گرفتن سایر فاکتورها مدلسازی انجام گردید .

۵-۲- بحث در نتایج :

۵-۲-۱- بحث در نتایج مدل هیدرولوژیکی : نتایج این مدل نشان داد که :

- ۱- با کاهش شیب ثانویه به نصف شیب بکر ، نیاز به ساخت ۲۱۶۵ عدد چک دم با ارتفاع دو متر وجود دارد و در این صورت دبی اوج کاهش نمی یابد و زمان رسیدن به اوج حداکثر ۱۵ دقیقه به

تاخیر خواهد افتاد و نشان می دهد این حالت تاثیر چندانی در کنترل سیل و کاهش دبی اوج آن ندارد ، لذا این سناریو جهت ساخت چک دمها رد می شود .

۲- در سناریوی دوم که شیب به ۰.۱ شیب اولیه تقلیل می یابد ، دبی اوج از ۰.۳۹٪ تا ۳.۵۴٪ کاهش و زمان رسیدن به اوج نسبت به حالت بکر ۱۰ دقیقه افزایش خواهد داشت . پس این سناریو هم در هم در کاهش مشخصات سیل به نحو مقتضی عمل نمی کنند و اثرات ساخت و ساز چک دمها با توجه به تعداد ۴۷۰۷ تایی آنها ، قابل توجه نیست .

۳- در سناریوی آخر که شیب ثانویه ۰.۰۱ شیب اولیه است ، نتایج نشاندهنده تاثیرات مثبت چک دمها در کاهش دبی اوج و افزایش زمان رسیدن به اوج است ، تعداد چک دمهای مورد نیاز به ۵۱۷۹ عدد چک دم با ارتفاع ۲ متر می رسد و در عوض میزان کاهش دبی اوج بین ۳.۸۶٪ تا ۱۰.۶۱٪ و افزایش زمان رسیدن به اوج نسبت به حالت بدون چک دم از ۱۰ تا ۵۰ دقیقه خواهد بود .

۴- مقایسه بین کاهش مشخصات هیدروگراف سیل و تعداد چک دمهای مورد نیاز در حالات فوق نشان می دهد که نتایج در حد مطلوب نیست ، لذا با توجه به اینکه در سناریو های مختلف از مدلسازی هیدرولوژیکی اثرات ساخت چک دمها ، قابل توجه نبوده ، مدلسازی آنها با لحاظ کردن جزئیات بیشتری لازم است ، به همین منظور ظرفیت مخزن چک دمها نیز در مدلها منظور می گردد تا مجددا مدلسازی انجام شده و نتایج بطور دقیقتری بررسی گردد .

۵-۲-۲- بحث در نتایج مدل هیدرولیکی : این نتایج نشان داد که :

۵- در اولین حالت از مدلسازی ، نتایج حاصل از هر زیر حوضه در یک روند منطقی از کاهش دبی اوج و افزایش زمان رسیدن به اوج حکایت می کند ، حداکثر کاهش دبی اوج در زیر حوضه ۱۰۰ با شیب اولیه ۴۲٪ و با ۹۱.۵٪ کاهش و حداقل آن در زیر حوضه ۲۰۵ با شیب ۵۴٪ و با ۶۷.۶٪ کاهش می باشد . در خصوص افزایش زمان رسیدن به اوج ، حداکثر تاخیر یکساعت و پنجاه و یک دقیقه در زیر حوضه ۱۴۴ با شیب اولیه ۱۸٪ و حداقل تاخیر در زیر حوضه ۱۵۷ با شیب اولیه ۳۴٪ و

با یکساعت و هفت دقیقه تاخیر می باشد. این مدل نشاندهنده تاثیر بسیار زیاد چک دمهای خالی از رسوبات برای روند یابی سیل و کاهش خسارات آن است. تعداد چک دمهای مورد نیاز، در هر زیر حوضه حداکثر ۱۵۰ عدد و در ۴۰ زیر حوضه حداکثر ۶۰۰۰ چک دم برای رسیدن به نتایج فوق الذکر تخمین زده می شود که در مقایسه بین تعداد چک دمها و نتیجه ساخت آنها در کاهش خسارات سیل، این تعداد منطقی و مقرون به صرفه خواهد بود. به دلیل تعداد زیاد متغیرها، امکان مقایسه جامع بین نتایج زیرحوضه های مختلف وجود ندارد و در هر زیر حوضه با توجه به مشخصات آن می توان به تفسیر نتایج پرداخت. لذا حالت دوم مدلسازی هیدرولیکی مورد توجه قرار می گیرد.

۶- نتایج حالت دوم مدلسازی هیدرولیکی، نشان داد که در صورتیکه تمامی شرایط در زیر حوضه ها یکسان باشد و تنها شیب زیرحوضه و در نتیجه زمان تمرکز آن متغیر فرض شود، افزایش تعداد چک دمها در زیر حوضه هایی که شیب اولیه آنها کمتر است، نسبت به زیرحوضه هایی با شیب اولیه تندتر، موجب کاهش بیشتر دبی اوج و افزایش بیشتر زمان رسیدن به اوج می شود، به عبارتی اثر چک دمها در کاهش مشخصات سیل در این زیر حوضه ها بیشتر است. در این حالت از مدلسازی، با توجه به حجم سیل روند یابی شده پشت چک دمها، می توان تاثیر چک دم در کاهش خصوصیات هیدروگراف سیل را به صورت پارامترهای بی بعد در نمودارهای جداگانه نمایش داد. از جداول و نمودارهای خروجی برنامه می توان نتیجه گرفت که ساخت چک دمهایی با ارتفاع ۱ تا ۱.۵ متر و با مقطع ترکیبی مثلث و ذوزنقه در مسیر رود می تواند در کاهش دبی اوج بین ۸۵٪ تا ۹۲٪ و در افزایش زمان رسیدن به اوج تا حدود ۴ ساعت تاثیر داشته باشد. تعداد چک دمهای مورد نیاز نیز با در این حالت می تواند به ۲۰ تا ۵۰ عدد چک دم در هر زیر حوضه محدود شود و در نتیجه تعداد کل آنها آنها در حد معقولی خواهد بود و بنابراین اگر هزینه های ساخت را ملحوظ کنیم و میزان تاثیر ساخت چک دمها را در کاهش مشخصات سیل در نظر بگیریم، استفاده از چک دمها گزینه ای اقتصادی و موثر خواهد بود.

۷- مقایسه بین نتایج مدل هیدرولوژیکی و هیدرولیکی نشان می دهد که استفاده از مدل هیدرولوژیکی ، منطقی و مقرون به صرفه نبوده و تعداد چکدمهای مورد نیاز با توجه به تاثیر کم آنها در کاهش مشخصات سیل بیش از حد زیاد است و مدل هیدرولیکی نسبت به مدل هیدرولوژیکی دارای پارامترهای دقیقتری در مدلسازی چک دم بوده و نتایج منطقی تری را در پی خواهد داشت .

۵-۳ - جمع بندی :

۵-۳-۱ - با توجه به تعداد بسیار زیاد چک دمها در مدل هیدرولوژیکی و اثر کم ساخت این تعداد چک دم در کاهش خسارات سیل استفاده از این گزینه به تنهایی مناسب نبوده و نیاز به بررسی های دقیقتر دارد . لذا نیاز است که مدل های هیدرولیکی که ظرفیت مخزن و روند یابی سیل را نیز در خود دارند ، بکار گرفته شوند . به عبارت دیگر اگر مخزن چک دمها بر اثر نگهداری نامناسب از رسوبات پر شود ، تعداد ۱۰ هزارتایی آنها به طور میانگین (حداکثر) ۷.۲٪ از دبی اوج را کاهش می دهد و در واقع چک دمها به میزان بسیار کمی از مشخصات هیدروگراف سیل می کاهند و تاثیر آنها قابل توجه نیست ، بنابراین ضرورت تخلیه رسوبات و نگهداری مناسب از چک دمها بسیار ضروری است تا آنها بتوانند هنگام وقوع سیل به نحو مطلوبی عمل کنند .

۵-۳-۲ - با مدل هیدرولیکی زیرحوضه های دارای چک دم ، استفاده از چک دم با ارتفاع بین ۱ تا ۱.۵ متر به عنوان کاهنده اثرات مخرب سیل در زیر حوضه ها توصیه می گردد ، جهت کاهش هزینه های اجرایی می توان تعداد چک دمها را به ۲۰ عدد محدود کرد و برای مهار رواناب و سیلهای بزرگتر از روشهای غیر سازه ای نظیر کاشت درختان ، احیای پوشش گیاهی منطقه و موارد مشابه استفاده کرد . بدین ترتیب تخمین زده می شود که با ساخت حداکثر ۴۰۰ چک دم در ۴۰ زیر حوضه ، می توان به نتایج مطلوبی جهت کنترل و مهار سیل در منطقه کن دست یافت .

۵-۴- پیشنهادات :

۵-۴-۱- پیشنهاد می گردد برای بررسی دقیقتر و کاملتر ، مدلسازی هیدرولیکی در تمامی زیر حوضه های دارای چک دم انجام شود و بهتر است بازدیدهای میدانی بیشتری جهت استحصال اطلاعات دقیقتر از محل های مناسب برای ساخت چک دم صورت پذیرد ، بدین ترتیب می توان تعداد چک دم های قابل احداث را محاسبه نموده و بر همین اساس مدلسازی انجام شود .

۵-۴-۲- برای بررسی دقیق تر کارایی چک دم ها می توان میزان رسوباتی که پس از بارندگی و سیل در مخزن چک دم ها ذخیره می شود را تعیین نموده و از این طریق عمر مفید هر چک دم محاسبه گردد . پیشنهاد می گردد در مدل های ترکیبی و یا استفاده از چند مدلسازی به صورت موازی ، اثرات ساخت چک دم ها با در نظر گرفتن حجم مفید مخزن در هر سیل بررسی گردد .

۵-۳-۳- با ارائه پرسشنامه های محلی از میزان اموال منقول و غیر منقول ساکنین منطقه ، اطلاعات جامعی بدست آورده و مشخص شود ترک منطقه توسط افراد با چه میزان تاخیر در رسیدن سیل به هر منطقه ممکن خواهد بود . به عبارت دیگر ساکنین به چند ساعت زمان نیاز دارند تا منطقه را ترک نموده و اموال ارزشمند خود را از هجوم سیل در امان بدارند . از این طریق می توان زمان لازم برای پیش هشدار سیل را مشخص نمود . با استفاده از نرم افزارهای مدیریتی می توان به بررسی هزینه های ساخت چک دم و مزایای ساخت آنها در کاهش خسارات سیل پرداخته و در یک مقایسه منحنی های سود- هزینه تعیین شود و نسبت به اجرای چک دم ها در منطقه تصمیمات منطقی اتخاذ گردد .

پیوست ۱

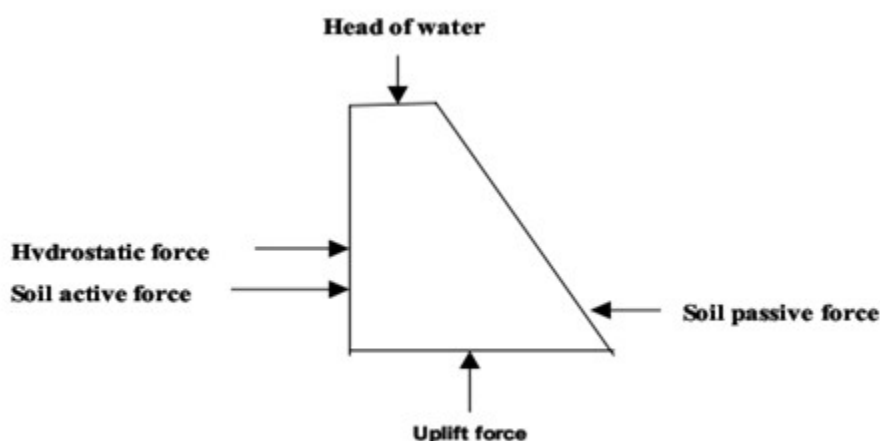
ضوابط طرح و نگهداری چک دمها و علل تخریب آنها

پ-۱- ضوابط طراحی چک دمها و آیین نامه های موجود

مطالبی که در این بخش ذکر شده است ، از نشریه ۴۱۶ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، (۱۳۸۷) تحت عنوان "نگهداری سازه های کنترل سیل و رسوب (سدهای اصلاحی)" استخراج شده است . لذا در هر قسمت که مرجع دیگری ذکر نشده است ؛ منبع مورد استفاده نشریه مذکور می باشد .

پ-۱-۱- چک دمها : نیروهای مهم وارده ، ضوابط و محدودیتهای طراحی

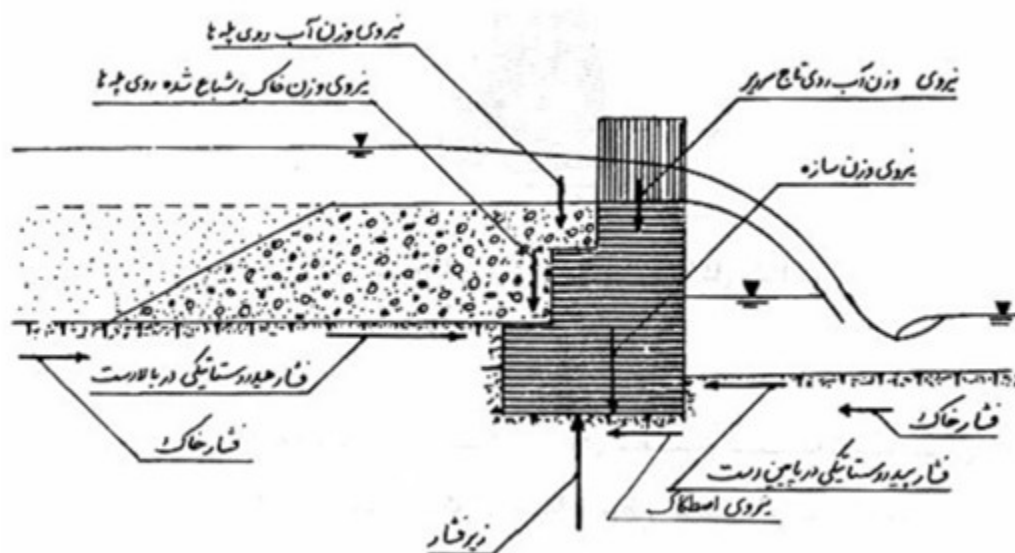
هندس چک دمها به طور کلی وابسته به نیروهای وارد بر آن است . نیروهای محرک وارد بر آن شامل نیروی هیدرواستاتیکی و فشار اکتیو خاک و نیز برکنش بوده و وزن چک دم ، نیروی ناشی از عمق سراب و فشار پسیو خاک نیروهای مقاوم هستند که در شکل ۱-پ و ۲-پ به صورت شماتیک نشان داده شده اند.



شکل ۲-پ-شکل شماتیک نیروهای وارده بر چک دم

ساخت چک دمها که عموماً گابیونی هستند ضوابط ساده ای دارد که در منابع نوع سنگ ، اندازه آنها و نحوه ترکیب آنها با توجه به هدف از ایجاد چک دم ، ذکر شده است . گابیون معمولاً از واحدهایی با ابعاد تیپ ۱*۱*۱ متر ترکیب می شود و مزیت گابیون انعطاف پذیری آن است که کمک می کند تا

چک دمها پایدار بمانند حتی اگر پی آنها نشست کند. مهمترین نیرویی که در برابر نیروی سینماتیکی سیل و دیگر نیروهای فعال وارده پایداری می کند ، وزن چک دم است .

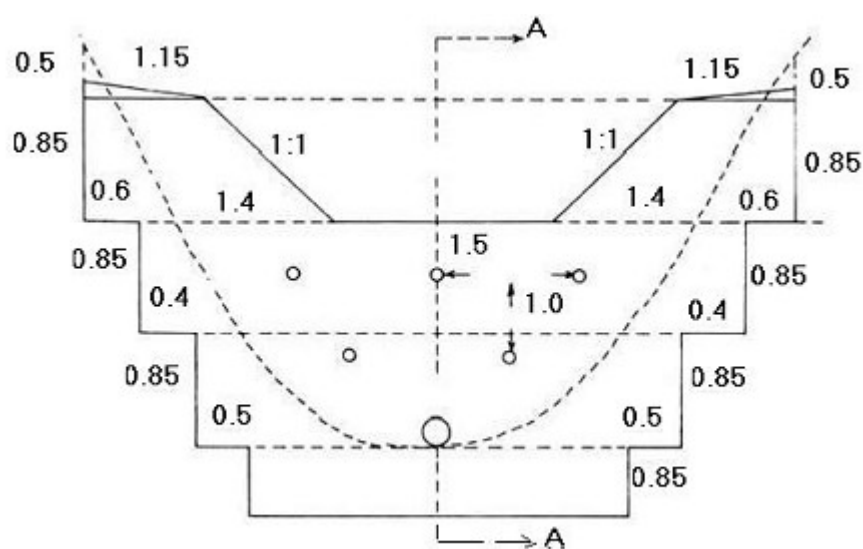


شکل ۲-پ- شکل شماتیک نیروهای وارده بر یک سرریز توربینی

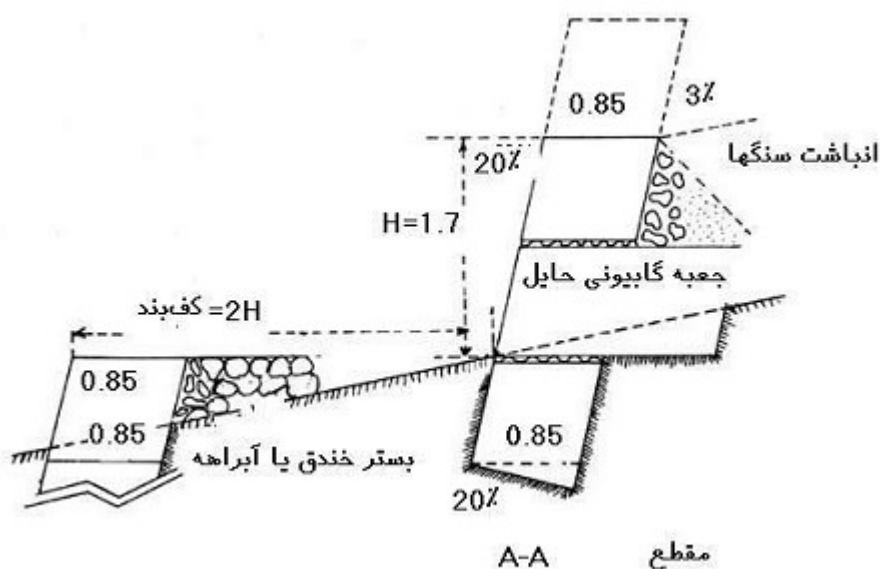
ساخت چک دم در رودخانه اصلی توصیه نمی شود بعبارت دیگر از محدودیتهایی که در مورد ساخت چک دمها مطرح است این است که آنها تنها در کانالهای کوچک روباز که آب را در فضایی معادل ۱۰ جریب فرنگی یا کمتر عبور می دهند استفاده می شوند و آنها نباید در رودها قرار بگیرند . آنها ممکن است علفهای کانال را نابود کنند اگر سطح آب یا بار رسوب زیاد باشد .

ارتفاع چک دمهای طراحی شده بر تعداد آنها و در نتیجه کل هزینه ها تاثیر خواهد داشت ، هر چه ارتفاع چک دمها بیشتر باشد از تعداد آن کاسته می شود ، هر چند محدودیتهایی برای ارتفاع آنها وجود دارد و بطور کل ارتفاع آنها به ناحیه موثر بالادست و عمق کانال و نوع چک دم وابسته است .

زمانی که عمر مفید چک دمها تمام می شود آنها باید برچیده شوند که گاهی مشکل است . پس از هر سیل یا رواناب مهم باید انباشتگی رسوب کنترل گردد. زمانی که رسوبات نیمی از ارتفاع چک دم را بگیرد بایستی تخلیه انجام شود. نمایی از اجرای سدهای اصلاحی در اشکال ۳-پ و ۴-پ آمده است .



شکل ۳-پ- نمای جلو اولین بند اصلاحی توریسنگی (نقل از جوان و همکاران ۱۳۶۹)



شکل ۴-پ- مقطع اولین بند توریسنگی (نقل از جوان و همکاران ۱۳۶۹)

پ-۱-۲- فاصله بین چک دمها

فاصله چکدمها باید به نحوی باشد که پنجه سد بالادست در تراز قسمت بالایی سد پایین دست باشد.

رعایت فاصله در سدهای اصلاحی حائز اهمیت فوق العاده ای می باشد چرا که در غیر اینصورت :

- اگر فاصله کمتر از حد استاندارد در نظر گرفته شود تعداد سدها در مسیر آبراهه یا گالی بیشتر از

حد لازم بوده و درنتیجه هزینه بالایی بیهوده مصرف گردیده است.

- اگر فاصله بیشتر از حد لازم در نظر گرفته شود ، تأثیر سدها در تثبیت آبراهه و گالی از بین رفته و

درنتیجه با ته نشین شدن رسوبات در سد بالایی آب با رسوب کم و درنتیجه قدرت کنش بالا در

فاصله بین دو سد که به علت عدم رعایت فاصله به شیب حد نرسیده است شروع به حفر بستر خود

نموده و در بسیاری از شرایط مشاهده گردیده که این فرایند وضعیت را علاوه بر اینکه اصلاح ننموده

بلکه وخیم تر نیز کرده است.

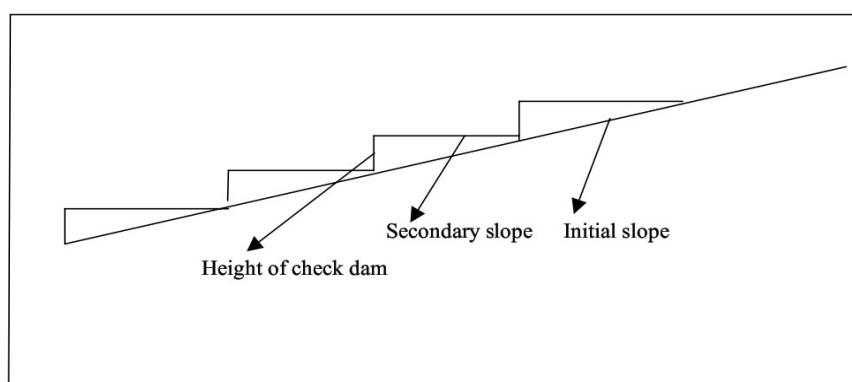
در تعیین فاصله بین سدهای اصلاحی فرض بر این است که پس از پر شدن سدها از رسوب، زبانه

رسوباتی که در سد پائینی ته نشین می شود با توجه به شیب حد کماکان به پایاب سد بالایی برسند.

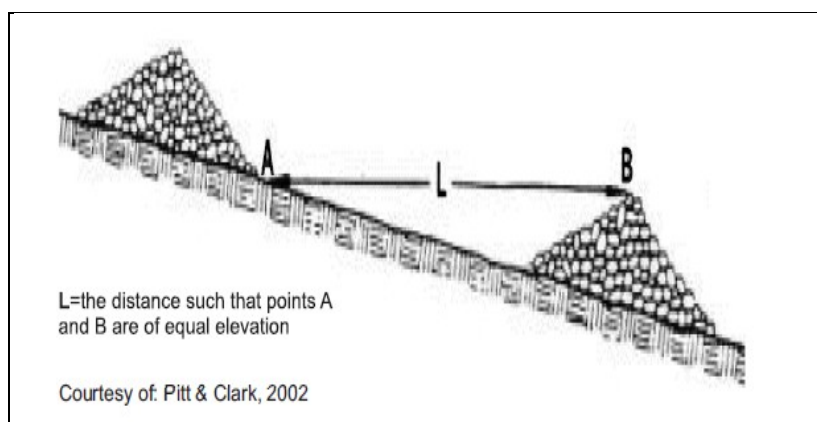
به عبارات دیگر زبانه بالایی رسوبات سد پائین به پایاب سد فوقانی برسد (شکل ۵-پ). در این حالت

است که پس از پر شدن همه سدها شیب تعادل در کل طول آبراهه یا گالی ایجاد می گردد و

درنتیجه بستر برای همیشه تثبیت می شود.



شکل ۵-پ- نحوه قرارگیری چک دمها



شکل ۶-پ- فاصله بین بندها

در تعیین میزان فاصله سه عامل عمده نقش دارد: (شکل ۶-پ)

۱) شیب اولیه گالی یا آبراهه

۲) شیب حد رسوبات (شیب نهایی که پس از پر شدن سد روی رسوبات ایجاد گردد).

۳) ارتفاع مفید سدها

در عمل جهت تعیین فاصله سدها از دو روش می توان استفاده کرد که عبارتند از:

الف) استفاده از رابطه هید (۱۹۷۱). هید جهت تعیین فاصله سدهای اصلاحی رابطه زیر ارائه نموده است:

$$d = H_E / (k \cdot \tan \theta) \quad \text{(رابطه پ-۱)}$$

که در آن:

d عبارت است از فاصله دو سد اصلاحی متوالی به متر (m)

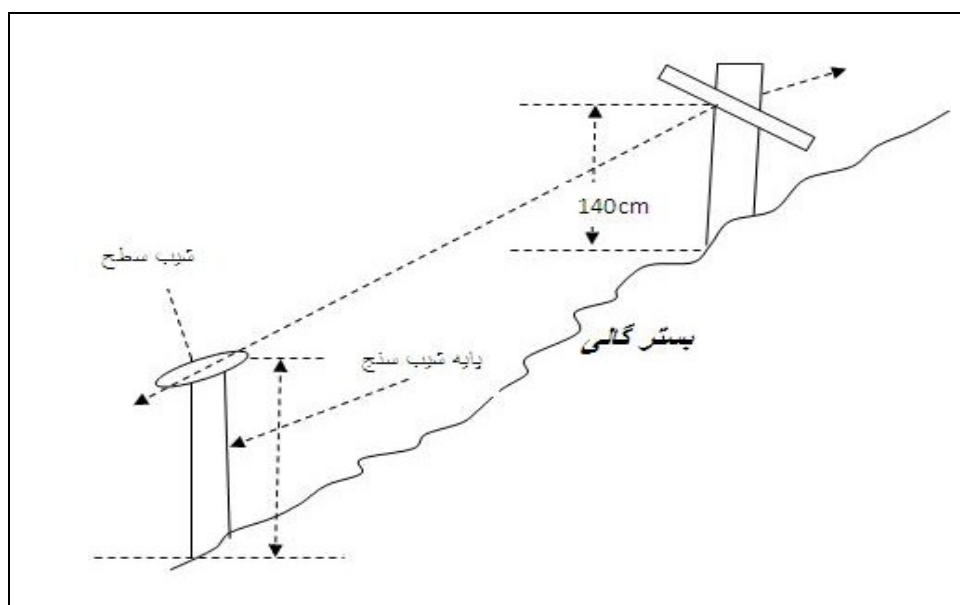
H_E همان ارتفاع مفید سد است به متر (m)

θ زاویه شیب بستر آبراهه یا گالی

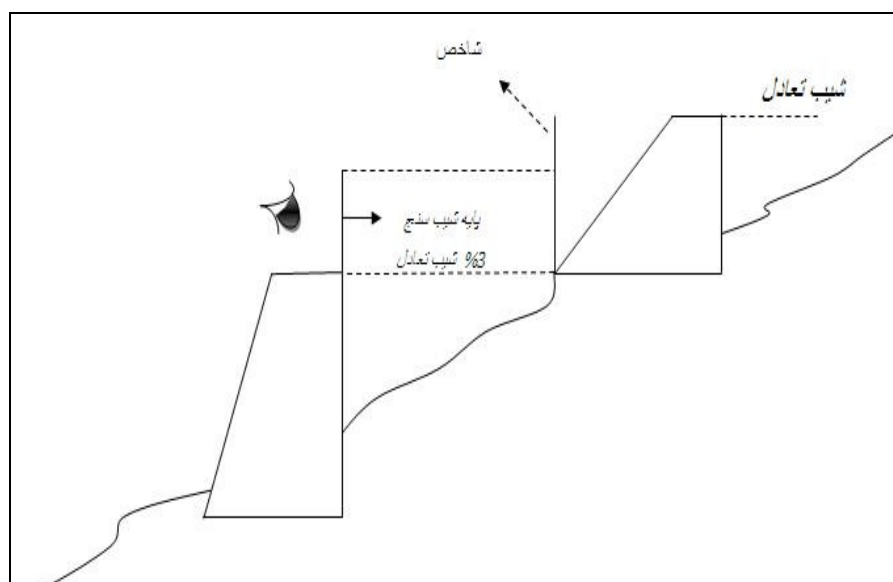
K ضریب ثابتی که با توجه به زاویه تعیین می شود .

ب) استفاده از شیب سنج و شاخص در صحرا

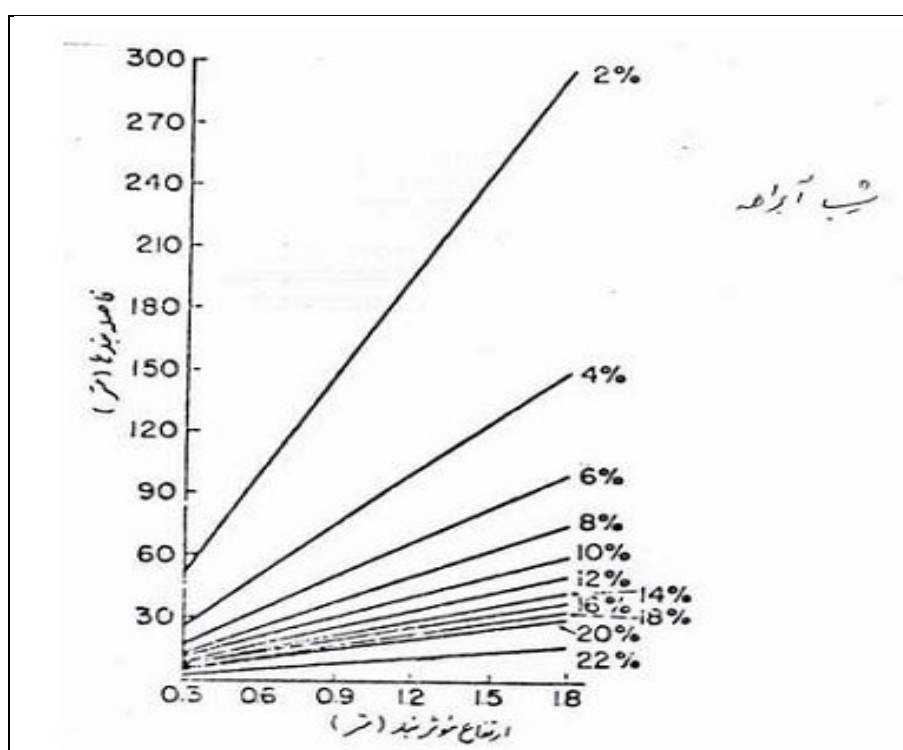
در این حالت اولین سد اصلاحی در یک محل مناسب در قسمت پائین آبراهه در نظر گرفته می شود و با استقرار شیب سنج در محل این سد شاخص را در بالا دست آبراهه طوری حرکت می دهیم (با عقب و جلو بردن) که شیب حد ایجاد گردد (معمولاً شیب ۳ درصد را به عنوان شیب حد کلی در نظر می گیرند) لذا جایی که با قرار گرفتن شاخص در آبراهه شیب حد (مثلاً ۳ درصد) ایجاد می گردد جای سد اصلاحی دوم است و به همین ترتیب ادامه می دهیم تا جایی که جای تمام سدها مشخص گردد (لازم به ذکر است که ارتفاع مفید سد پائینی و ارتفاع پایه شیب سنج بایستی مد نظر باشد. محل اولین سد اصلاحی در پائین آبراهه حائز اهمیت زیادی است چرا که اگر پایاب آن حفاظت کافی نشود آب شروع به کندن پایاب می کند. زیرا آب رسوب خود را در سدها ته نشین کرده و قدرت کندن آن افزایش یافته و از طرف دیگر چون در پائین دست سدی وجود ندارد شیب بالا بوده و آب سرعت زیادی به خود می گیرد لذا عملاً بایستی اولین سد را در یک محل محکم که کف آبراهه سنگی باشد و یا در محلی که آبراهه به آبراهه اصلی می پیوندد (که شیب آبراهه اصلی کم است و سرعت آب را می گیرد) ایجاد گردد و در صورتی که شرایط فوق موجود نباشد بایستی پایاب آن با ایجاد سد کمکی و یا کف بند حفاظت گردد.



شکل ۷-پ- اندازه گیری با شیب بیشتر گالی



شکل ۸-پ- اندازه گیری شیب تعادل بین چک دمها



شکل ۹-پ- ارتباط بین شیب آبراهه - ارتفاع موثر بند و فاصله بندها (نقل از جوان و همکاران ۱۳۶۹)

پ-۱-۳- سرریز در چک دمها

طراحی و اجرای سرریز در سدها عامل بسیار مهمی در دوام و طول عمر این سدها می باشد و در صورتی که سرریز جوابگوی دبی حداکثری که در آبراهه اتفاق می افتد نباشد. آب به کناره های سد رسیده (در اثر کم بودن ظرفیت سرریز) و باعث شستشو و تخریب کناره ها و نهایتاً تخریب سازه می گردد. شکل سرریز ممکن است دوزنقه ای، مستطیلی و یا سهمی ساخته شود که هر یک دارای مزایا یا معایبی بوده و برای نوع خاصی از سدها مناسب تر است.

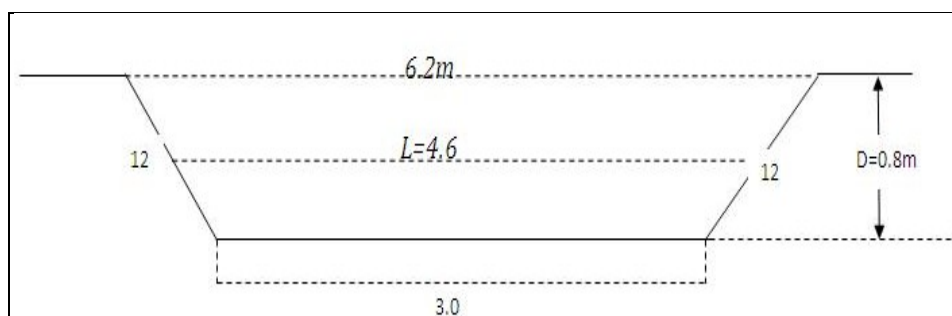
جهت طراحی سرریز نیاز به ابعاد آن (طول و ارتفاع می باشد) و برای به دست آوردن ابعاد سرریز دبی حداکثر لحظه ای آبراهه و یا گالی در محل احداث سد با دوره بازگشت مورد نظر لازم است. جهت محاسبه دبی حداکثر از روش های مختلف مانند توزیع های آماری، روش CN، آنالیز منطقه ای سیل، روش های تجربی مانند فولر، دیکن و غیره و نیز روش استدلالی استفاده می شود. که بسته به پارامتر های موجود روش مناسب انتخاب می گردد پس از به دست آوردن دبی حداکثر، رابطه زیر که به فرمول عمومی سرریز معروف است استفاده می شود (جهت محاسبه ابعاد مناسب سرریز):

$$Q = CL D^{3/2}$$

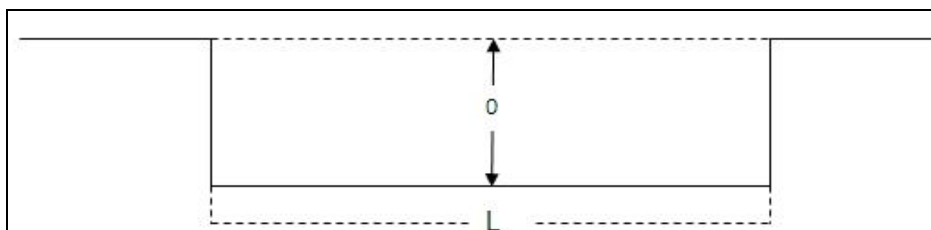
(رابطه ۲-پ)

که در آن Q دبی حداکثر لحظه ای با دوره بازگشت مورد نظر بر حسب متر مکعب در ثانیه است. C ضریب تخلیه است که برای سدهای اصلاحی ۱/۶۵ تا ۱/۸ در نظر گرفته می شود. L طول سرریز است که اغلب در سدهای اصلاحی ۷/۸ عرض کف آبراهه در محل مورد نظر در نظر گرفته می شود و D عمق حداقل لازم برای سرریز است (L و D بر حسب متر می باشد) با قرار دادن Q, C و L در رابطه فوق مقدار D را محاسبه نموده و با داشتن مقدار L سرریز طراحی می گردد. شکل بالایی سرریز دوزنقه برای خشکه چین، سنگی، گابیونی و سنگی بتونی را نشان می دهد.

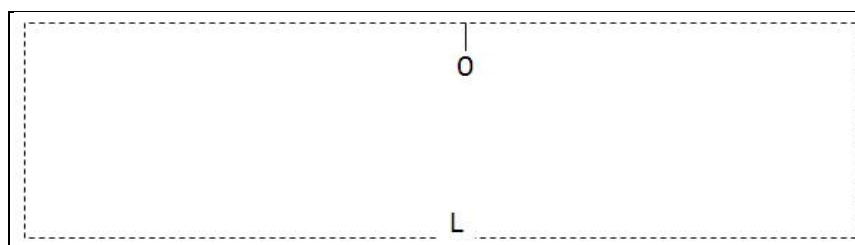
مقطع وسطی، سرریز مستطیلی برای سرشاخه ای، چوبی، گابیونی و سنگی بتونی بوده و مقطع پائینی، سرریز سهمی شکل که برای چکدم های سرشاخه ای و خشکه چین مناسب تر است.



شکل ۱۰-پ- سرریز ذوزنقه ای



شکل ۱۱-پ- سرریز مستطیلی



شکل ۱۲-پ- سرریز سهمی شکل

پ-۱-۴- فیلتر در چک دمها

زمانی که خاکریزی دستی پشت سد انجام می گیرد، بهتر است از فیلتر نیز استفاده می شود، خاکریزی دستی زمانی باید صورت گیرد که خاک نه زیاد مرطوب است و نه زیاد خشک تا کاملاً فشرده شود. البته احداث فیلتر به پایداری سد کمک می کند زیرا باعث می گردد زهکشی به خوبی

صورت گیرد و نیروی هیدروستاتیک که ممکن است علاوه بر فشار خاک، به سد اثر کند جلوگیری می نماید.

موقعی که خاک پشت سد غرقاب می شود اختلاف نیروی هیدروستاتیک و خاک خیلی زیاد می شود. ولی آب نفوذ یافته به وسیله منافذ تعبیه شده در بدنه سد از آن خارج می گردد از نظر تئوری عمل زهکشی موقعی ایده ال است که قطر عناصر فیلتر با دانه بندی خاک پشت سد، هماهنگی داشته باشد. ولی راه حل اقتصادی، ایجاد فیلتر به ضخامت ۳۰ تا ۵۰ سانتی متر با استفاده از مواد موجود در رودخانه می باشد. باید توجه داشت که این مواد عاری از خاک و رس بوده در غیر این صورت لازم است نسبت به شستن آنها اقدام شود. گاهی ممکن است ذرات خاک منافذ فیلتر را مسدود کرده و اثر آن را از بین ببرد. بدین جهت بهتر است در فاصله بین خاک دستی و فیلتر یک طبقه از ذرات ریز (شن) قرار داده شود و راه حل دیگر این است که فیلتر به وسیله لایه ای از پلی استر محافظت شود که آب می تواند از آن عبور کند ولی جلوی عبور ذرات خاک را می گیرد، ضمناً با دادن سنگ های نسبتاً درشت در مقابل سد می توان فیلتر را از خطر شسته شدن محفوظ داشت.

پ-۲- علل تخریب چک دمها

تخریب سدها ممکن است به علل متفاوتی اتفاق بیفتد که در اینجا به طور خلاصه و یک جا این علل ذکر می گردد.

❖ تخریب در اثر طراحی و اجرای نامناسب سرریز (ابعاد سرریز کوچکتر از حد لازم در نظر گرفته می شود) که در این حالت آب از سرریز اضافه آمده و با عبور از کناره های سد باعث تخریب می گردد که در این رابطه دبی حداکثر مورد نظر با توجه به اهمیت پروژه بایستی با دقت کافی برآورد گردد و بر اساس آن ابعاد سرریز طراحی شود.

❖ تخریب در اثر کمبود وزن نسبت به نیروهای وارده (عدم رعایت قانون وسط قاعده)

که باعث شکستن سد و یا واژگون شدن آن می گردد

❖ تخریب در اثر جابجایی سد در آبراهه و یا لغزش در بستر

❖ تخریب در اثر زمین لرزه و یا گسل (حرکات زمین)

یکی از علل تخریب سدها (حرکات زمین) می باشد. در این رابطه سدهای بزرگ مخزنی که از اهمیت بالایی برخوردار هستند و شکست آنها علاوه بر خسارت مالی فراوان امکان خسارات جانی را نیز در پائین دست به دنبال دارد.

در رابطه با سدهای مخزنی بزرگ محل احداث سد از نظر زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک بررسی می گردد تا مشکلی پیش نیاید اما در رابطه با سد های اصلاحی به علت اهمیت کم پروژه (از نظر هزینه) و نیز عدم خطر مالی و جانی در پائین دست نیازی به این بررسی ها نمی باشد.

علاوه بر موارد فوق موارد دیگری نیز وجود دارد که در بعضی از آبراهه ها با توجه به شرایط از اهمیت قابل توجهی برخوردار است که در زیر به موارد آن اشاره می گردد.

❖ تخریب در اثر سائیدگی

با توجه به این که در ایران اغلب نقاط آن دارای اقلیم خشک و نیمه خشک می باشد در اکثر مواقع سال آبراهه ها خشک می باشد ولی در زمان های بارندگی به علت رگباری بودن بارش و نیز لخت بودن اراضی از نظر پوشش گیاهی امکان حمل مواد درشت تر در مواقع سیلابی وجود دارد که خود باعث سایش سد به خصوص کناره ها و کف سرریز و نیز بدنه سد در قسمت پایاب می گردد که جهت جلوگیری از این مسأله بایستی احتیاطات زیر را در نظر گرفت :

۱- سدهای گابیونی

استفاده از لایه ای ملات در کف سرریز و یا ورقه های فلزی مشبک برای پوشاندن کف سرریز و قسمت هایی از بدنه که در مواقع ریزش باعث سائیدگی می گردد. اندازه مناسب پله ها (باکس های پائین که در طرف پایاب برآمدگی دارند) و نیز جنس مناسب سیم های گابیون.

۲- سدهای ملاتی (سنگ چین ملاتی)

در این حالت جهت جلوگیری از تماس قلوه سنگ ها و مواد درشت با بدنه سد در مواقع سیلابی بایستی شیب طرف پایاب سد از ۲۰ درصد تجاوز نکند. ضمناً استفاده از سنگ های مقاوم در محل سرریز نیز در این حالت ضروری می باشد. منظور از شیب ۲۰ درصد طرف پایاب یعنی اینکه زاویه طرف پایاب با خط قائم دارای تانژانت ۰.۲ باشد.

❖ تخریب توسط لغزش کناره های آبراه

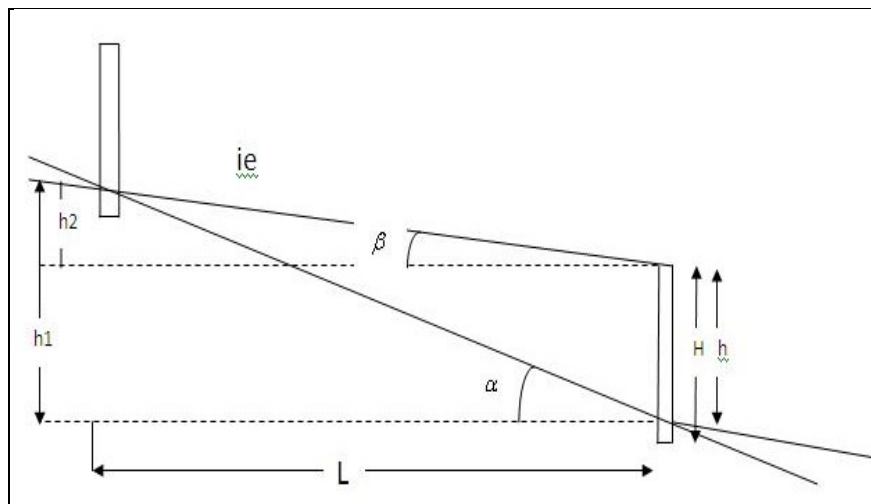
لغزش کناره ها می تواند نیروی زیادی را به هر یک از دو طرف سد وارد کند و ابتدا باعث ترک خوردن و سپس انهدام سد گردد. البته موانع مختلف در مقابل این عامل مقاومت متفاوتی دارند. سد گابیونی به علت خاصیت انعطاف پذیری خود در مقابل لغزش مقاومت نسبتاً مناسبی دارد چون می تواند کمی تغییر شکل یابد ولی سدهای سنگ ملاتی به علت عدم انعطاف پذیری در مقابل این عامل کمتر مقاومت کرده و شکسته می شوند. سدهای بین آدله به علت وجود آهن تا حدودی بهتر مقاومت می کنند.

اگر لغزش در آبراه ها در جهت جریان باشد در این حالت احداث سدهای اصلاحی خود عمل فرسایش و تخریب را تشدید می کند ولی در مواقعی که جهت لغزش عمود بر جریان باشد بایستی سدها را در محل مناسبی که از این نظر مشکلی نداشته باشد، احداث نمود. (به خصوص در پائین دست محل لغزش که پای لغزش نیز تثبیت گردد که خود به پایداری دامنه های دو طرف آبراه کمک می کند).

❖ تخریب بوسیله جریان های لای

جریان های لای شکل که وزن مخصوصی در حدود ۱.۸ دارند سنگ های درشتی را نیز با خود حمل می نمایند. و اغلب از بارندگی شدید و رگبارهای بهاره و تابستانه در مناطق ریز دانه رسی ایجاد می گردند و در آبراه ها به طرف پائین حرکت می نمایند (که آثار آنها به صورت پشته های کناری و پارس زیاد در کف آبراه مشاهده می شوند) سدهایی که در این آبراه ها ساخته می

شوند بایستی به طور کامل از خاک دستی پر می شوند و جهت محاسبه نیروی وارد از طرف خاک باید نیروی بار اضافی حاصل از لایه به ارتفاع e و وزن مخصوص ۱.۸ و ۱.۹ نیز منظور گردد. گاهی ارتفاع e به ۲ تا ۳ متر نیز می رسد که در این حالت فقط سدهای سنگ چین ملاتی و بتونی می توانند مقاومت کنند.



شکل ۱۳-پ- نحوه تعیین فاصله

$i = \tan \alpha$ شیب طبیعی

$ie = \tan \beta$ شیب حد

$$n = \frac{L}{t} = \frac{t(i - ie)}{h}$$

L = فاصله افقی بین دو سد متوالی

t = طول آبراهه

n = ارتفاع مفید سد h و تعداد سدها

پیوست ۲

جداول مربوط به داده های نرم افزار HEC-HMS

در این پیوست جداول بکار رفته در مدلسازی آمده است :

جدول پ-۱- مشخصات اولیه زیرحوضه ها - مساحت - زمان تمرکز- ضریب ذخیره

SUB BASIN	AREA (km ²)	TC	STORAGE COEFF
S1	3.1692	0.2258	0.2258
S10	0.8512	0.16613	0.16613
S100	1.2616	0.18023	0.18023
S101	0.7556	0.19051	0.19051
S102	0.3428	0.11572	0.11572
S103	0.802	0.1791	0.1791
S104	1.2688	0.28842	0.28842
S105	0.804	0.14922	0.14922
S106	1.7708	0.33377	0.33377
S107	2.5356	0.31187	0.31187
S108	0.6496	0.14877	0.14877
S109	1.0248	0.208	0.208
S11	2.1452	0.26945	0.26945
S110	0.6332	0.22423	0.22423
S111	2.8016	0.32817	0.32817
S112	2.1468	0.31223	0.31223
S113	0.998	0.13474	0.13474
S114	0.5236	0.11215	0.11215
S115	0.3876	0.20528	0.20528
S116	0.5752	0.16055	0.16055
S117	0.8112	0.22753	0.22753
S118	0.4236	0.13946	0.13946
S119	0.7896	0.19927	0.19927
S12	0.692	0.15942	0.15942
S120	0.2548	0.10344	0.10344
S121	0.7356	0.1604	0.1604
S122	1.1424	0.20153	0.20153
S123	1.7112	0.27626	0.27626
S124	1.3616	0.22917	0.22917
S125	0.3896	0.12225	0.12225
S126	2.45	0.36825	0.36825
S127	1.6648	0.23623	0.23623
S128	1.576	0.30613	0.30613
S129	0.7336	0.19332	0.19332

ادامه جدول پ-۱- مشخصات اولیه زیرحوضه ها - مساحت - زمان تمرکز- ضریب ذخیره

SUB BASIN	AREA (km ²)	TC	STORAGE COEFF
S13	2.404	0.29107	0.29107
S130	1.824	0.19107	0.19107
S131	0.7632	0.13757	0.13757
S132	0.6076	0.16652	0.16652
S133	0.58	0.16604	0.16604
S134	1.4136	0.25035	0.25035
S135	0.6568	0.20468	0.20468
S136	0.5868	0.17952	0.17952
S137	1.3004	0.22665	0.22665
S138	0.3116	0.13127	0.13127
S139	1.1608	0.19682	0.19682
S14	0.5612	0.14305	0.14305
S140	0.8	0.23432	0.23432
S141	0.51	0.18298	0.18298
S142	1.036	0.21192	0.21192
S143	0.9992	0.24445	0.24445
S144	0.992	0.21265	0.21265
S145	0.7148	0.15352	0.15352
S146	0.5908	0.18295	0.18295
S147	0.3296	0.1023	0.1023
S148	1.9072	0.24302	0.24302
S149	0.5608	0.1439	0.1439
S15	2.6268	0.33378	0.33378
S150	0.6692	0.15217	0.15217
S151	0.8076	0.1699	0.1699
S152	1.3072	0.1958	0.1958
S153	0.5116	0.14306	0.14306
S154	0.5508	0.13424	0.13424
S155	0.2668	0.10636	0.10636
S156	0.4948	0.14242	0.14242
S157	0.6756	0.13232	0.13232
S158	1.2072	0.23118	0.23118
S159	1.1184	0.1907	0.1907
S16	0.6392	0.15424	0.15424

ادامه جدول پ-۱- مشخصات اولیه زیرحوضه ها - مساحت - زمان تمرکز- ضریب ذخیره

SUB BASIN	AREA (km ²)	TC	STORAGE COEFF
S160	1.9308	0.56303	0.56303
S161	0.8072	0.21699	0.21699
S162	1.0532	0.16553	0.16553
S163	0.6468	0.23093	0.23093
S164	1.8944	0.2198	0.2198
S165	1.2084	0.22185	0.22185
S166	1.0564	0.23993	0.23993
S167	1.6408	0.2214	0.2214
S168	1.3488	0.17909	0.17909
S169	0.676	0.132235	0.132235
S17	0.564	0.14307	0.14307
S170	1.204	0.18082	0.18082
S171	0.3468	0.130135	0.130135
S172	0.6	0.166105	0.166105
S173	0.3352	0.135605	0.135605
S174	1.3328	0.26325	0.26325
S175	0.1412	0.1099	0.1099
S176	0.1576	0.10174	0.10174
S177	1.0148	0.18338	0.18338
S178	0.5828	0.18565	0.18565
S179	0.2924	0.13839	0.13839
S18	0.9556	0.239	0.239
S180	0.7112	0.18422	0.18422
S181	0.3548	0.13704	0.13704
S182	0.7296	0.16783	0.16783
S183	0.8288	0.17678	0.17678
S184	0.5484	0.16815	0.16815
S185	0.1324	0.066065	0.066065
S186	0.5896	0.136985	0.136985
S187	2.228	0.31138	0.31138
S188	0.5272	0.15694	0.15694
S189	4.8068	0.44998	0.44998
S19	1.6288	0.25757	0.25757
S190	0.6808	0.14652	0.14652

ادامه جدول پ-۱- مشخصات اولیه زیرحوضه ها - مساحت - زمان تمرکز- ضریب ذخیره

SUB BASIN	AREA (km ²)	TC	STORAGE COEFF
S191	0.4912	0.13419	0.13419
S192	0.6192	0.1359	0.1359
S193	0.7668	0.13317	0.13317
S194	0.8496	0.14638	0.14638
S195	2.2672	0.37842	0.37842
S196	0.6752	0.14486	0.14486
S197	0.7388	0.20135	0.20135
S198	2.276	0.39847	0.39847
S199	2.8156	0.32278	0.32278
S2	0.162	0.13715	0.13715
S20	0.6692	0.13135	0.13135
S200	2.8144	0.4123	0.4123
S201	0.808	0.3409	0.3409
S202	0.8	0.31115	0.31115
S203	0.3432	0.35642	0.35642
S204	0.4408	0.32338	0.32338
S205	0.1044	0.0610117	0.0610117
S206	0.5176	0.21577	0.21577
S207	0.1096	0.10152	0.10152
S208	0.0624	0.0548483	0.0548483
S21	0.8684	0.162385	0.162385
S210	0.0888	0.0896617	0.0896617
S211	0.0348	0.04887	0.04887
S212	0.1	0.0687567	0.0687567
S213	0.0448	0.037555	0.037555
S215	0.052	0.0575917	0.0575917
S217	0.5296	0.017	0.017
S218	0.5508	0.0940483	0.0940483
S219	0.5692	0.11982	0.11982
S22	1.298	0.15842	0.15842
S220	0.3104	0.10976	0.10976
S221	0.0312	0.1302	0.1302
S222	0.048	0.0263533	0.0263533
S223	0.056	0.0934233	0.0934233

ادامه جدول پ-۱- مشخصات اولیه زیرحوضه ها - مساحت - زمان تمرکز- ضریب ذخیره

SUB BASIN	AREA (km ²)	TC	STORAGE COEFF
S224	0.1692	0.0860333	0.0860333
S226	0.0324	0.047875	0.047875
S227	0.5408	0.16982	0.16982
S228	0.6268	0.12653	0.12653
S229	0.4788	0.14437	0.14437
S23	0.9564	0.18132	0.18132
S230	0.5808	0.42523	0.42523
S231	0.0168	0.0874033	0.0874033
S232	0.0392	0.05424	0.05424
S24	1.3276	0.17717	0.17717
S25	1.974	0.30068	0.30068
S26	0.7056	0.16036	0.16036
S27	1.6512	0.20922	0.20922
S28	0.382	0.10687	0.10687
S29	1.952	0.23192	0.23192
S3	1.2548	0.17418	0.17418
S30	0.7784	0.157945	0.157945
S31	0.5832	0.12441	0.12441
S32	0.976	0.15708	0.15708
S33	0.8392	0.14329	0.14329
S34	1.9572	0.24998	0.24998
S35	0.7928	0.16086	0.16086
S36	0.8696	0.16523	0.16523
S37	0.8252	0.18157	0.18157
S38	2.0956	0.31668	0.31668
S39	0.9992	0.18333	0.18333
S4	1.7484	0.17565	0.17565
S40	0.4464	0.1325	0.1325
S41	0.4272	0.11891	0.11891
S42	1.2764	0.17625	0.17625
S43	0.738	0.16439	0.16439
S44	1.0396	0.14731	0.14731
S45	0.488	0.0916417	0.0916417
S46	0.1704	0.0727317	0.0727317

ادامه جدول پ-۱- مشخصات اولیه زیرحوضه ها - مساحت - زمان تمرکز- ضریب ذخیره

SUB BASIN	AREA (km ²)	TC	STORAGE COEFF
S47	1.7156	0.21685	0.21685
S48	1.9292	0.20157	0.20157
S49	2.8588	0.3691	0.3691
S5	1.2764	0.56303	0.56303
S50	1.4444	0.2342	0.2342
S51	0.6792	0.24553	0.24553
S52	0.5856	0.11612	0.11612
S53	0.6624	0.12179	0.12179
S54	0.83	0.12869	0.12869
S55	0.2872	0.10631	0.10631
S56	2.4852	0.23838	0.23838
S57	1.54	0.19538	0.19538
S58	1.0148	0.17519	0.17519
S59	0.8388	0.129205	0.129205
S6	1.352	0.19273	0.19273
S60	0.182	0.077655	0.077655
S61	0.2044	0.07421	0.07421
S62	0.7828	0.14098	0.14098
S63	0.8672	0.1193	0.1193
S64	0.7736	0.15139	0.15139
S65	1.4352	0.18868	0.18868
S66	0.8128	0.18567	0.18567
S67	0.7736	0.15106	0.15106
S68	0.5312	0.13111	0.13111
S69	0.7104	0.12136	0.12136
S7	2.7432	0.27072	0.27072
S70	0.416	0.11939	0.11939
S71	0.2796	0.0847	0.0847
S72	0.2464	0.099125	0.099125
S73	1.0708	0.18078	0.18078
S74	1.0536	0.18097	0.18097
S75	0.6216	0.15419	0.15419
S76	0.894	0.18252	0.18252
S77	2.024	0.20435	0.20435

ادامه جدول پ-۱- مشخصات اولیه زیرحوضه ها - مساحت - زمان تمرکز- ضریب ذخیره

SUB BASIN	AREA (km ²)	TC	STORAGE COEFF
S78	0.8204	0.1553	0.1553
S79	0.7664	0.1685	0.1685
S8	1.2944	0.15557	0.15557
S80	0.388	0.14431	0.14431
S81	0.26	0.11388	0.11388
S82	0.3304	0.129595	0.129595
S83	0.568	0.16128	0.16128
S84	0.2076	0.0777267	0.0777267
S85	1.1296	0.18138	0.18138
S86	2.1608	0.2944	0.2944
S87	1.1416	0.19153	0.19153
S88	1.67	0.28387	0.28387
S89	1.0116	0.16707	0.16707
S9	0.6712	0.13598	0.13598
S90	0.56	0.13839	0.13839
S91	1.2116	0.1525	0.1525
S92	1.1412	0.16654	0.16654
S93	1.7472	0.22322	0.22322
S94	1.218	0.22096	0.22096
S95	1.154	0.1795	0.1795
S96	0.8672	0.16845	0.16845
S97	0.9032	0.20775	0.20775
S98	0.612	10.485	0.17475
S99	0.5932	8.3485	8.3485

جدول پ-۲- ضریب CN و تلفات اولیه و نفوذپذیری زیرحوضه ها

	cn	1000/cn	s	Ia	permi- perc
S1	81.2973	12.30053	58.43349	11.6867	0
S10	80.896	12.36155	59.98337	11.99667	0
S100	83.175	12.02284	51.38021	10.27604	51.403

ادامه جدول پ-۲- ضریب CN و تلفات اولیه و نفوذپذیری زیرحوضه ها

	cn	1000/cn	s	Ia	permi-perc
S101	78.4567	12.74588	69.74544	13.94909	7.274
S102	83.6395	11.95607	49.68425	9.936851	0
S103	81.4651	12.27519	57.78995	11.55799	5.844
S104	83.6275	11.95779	49.72783	9.945567	32.055
S105	83.0498	12.04097	51.8406	10.36812	0
S106	83.368	11.99501	50.67327	10.13465	0
S107	80.6701	12.39617	60.86264	12.17253	12.083
S108	83.6459	11.95516	49.66104	9.932208	37.35
S109	83.7549	11.9396	49.26585	9.853169	23.49
S11	81.707	12.23885	56.86688	11.37338	0.1154
S110	80.5616	12.41286	61.28669	12.25734	1.572
S111	80.0532	12.49169	63.289	12.6578	9.676
S112	80.3642	12.44335	62.06114	12.41223	11.644
S113	81.3967	12.28551	58.05197	11.61039	61.55
S114	75.9363	13.16893	80.49087	16.09817	67.023
S115	65.2786	15.31896	135.1015	27.02029	11.853
S116	79.6881	12.54893	64.74271	12.94854	10.57
S117	81.3533	12.29206	58.21843	11.64369	18.63
S118	80.8724	12.36516	60.07502	12.015	21.614
S119	82.2713	12.15491	54.73463	10.94693	22.261
S12	79.8688	12.52053	64.02157	12.80431	29.083
S120	77.0698	12.97525	75.57137	15.11427	0.968
S121	71.2512	14.03485	102.4852	20.49705	50.38
S122	72.981	13.7022	94.03578	18.80716	21.083
S123	77.7724	12.85803	72.59401	14.5188	43.65
S124	83.4248	11.98684	50.46583	10.09317	63.12
S125	77.01	12.98533	75.82729	15.16546	79.07
S126	80.526	12.41835	61.42607	12.28521	43.33
S127	80.268	12.45827	62.43993	12.48799	56.94
S128	84	11.90476	48.38095	9.67619	7.123
S129	79.4492	12.58666	65.70113	13.14023	64.79
S13	81.1009	12.33032	59.19012	11.83802	7.058
S130	80.6643	12.39706	60.88528	12.17706	65.227
S131	83.0971	12.03411	51.66651	10.3333	61.254

ادامه جدول پ-۲- ضریب CN و تلفات اولیه و نفوذپذیری زیرحوضه ها

	cn	1000/cn	s	Ia	permi-perc
S132	78.6913	12.70789	68.78029	13.75606	32.43
S133	81.2124	12.31339	58.76011	11.75202	8.82
S134	78.3544	12.76252	70.16813	14.03363	17.26
S135	79.8198	12.52822	64.21678	12.84336	16.87
S136	80.9234	12.35736	59.87707	11.97541	3.92
S137	81.2215	12.31201	58.72509	11.74502	4.6
S138	74.74	13.37972	85.8448	17.16896	26.86
S139	79.1114	12.6404	67.06626	13.41325	0
S14	80.5486	12.41487	61.33758	12.26752	5.187
S140	81.5	12.26994	57.65644	11.53129	10.25
S141	73.4231	13.61969	91.94016	18.38803	0
S142	83.6201	11.95885	49.75471	9.950942	0
S143	79.6577	12.55371	64.86434	12.97287	4.014
S144	76.5096	13.07026	77.98449	15.5969	20.22
S145	82.2148	12.16326	54.94682	10.98936	24.019
S146	83.0631	12.03904	51.79161	10.35832	0.3054
S147	84	11.90476	48.38095	9.67619	17.74
S148	83.173	12.02313	51.38758	10.27752	29.52
S149	83.1687	12.02375	51.40335	10.28067	12.306
S15	79.276	12.61416	66.39961	13.27992	68.0514
S150	76.1664	13.12915	79.48039	15.89608	29.907
S151	83.0816	12.03636	51.72354	10.34471	5.37
S152	83.9312	11.91452	48.62883	9.725765	17.9
S153	77.3564	12.92718	74.35034	14.87007	9.33
S154	83.7462	11.94084	49.29734	9.859468	9.12
S155	83.7482	11.94056	49.2901	9.858021	0
S156	79.8524	12.5231	64.08686	12.81737	23.32
S157	72.0538	13.87852	98.51436	19.70287	0
S158	78.1993	12.78784	70.81108	14.16222	3.152
S159	79.3378	12.60433	66.15005	13.23001	0
S16	78.9331	12.66896	67.7915	13.5583	79.94
S160	76.9968	12.98755	75.88383	15.17677	7.96
S161	73.1523	13.67011	93.22081	18.64416	55.95

ادامه جدول پ-۲- ضریب CN و تلفات اولیه و نفوذپذیری زیرحوضه ها

	cn	1000/cn	s	Ia	permi-perc
S162	70.1753	14.25003	107.9507	21.59014	95.93
S163	83.6496	11.95463	49.64761	9.929522	91.15
S164	84.0053	11.90401	48.36187	9.672374	8.58
S165	75.3337	13.27427	83.16649	16.6333	0
S166	78.2003	12.78767	70.80693	14.16139	0
S167	83.5914	11.96295	49.85901	9.971802	0
S168	80.544	12.41557	61.35558	12.27112	28.43
S169	80.2654	12.45867	62.45016	12.49003	38.62
S17	80.7867	12.37828	60.4082	12.08164	87.832
S170	77.9821	12.82346	71.71577	14.34315	27.77
S171	82.0962	12.18083	55.39313	11.07863	0.58
S172	79.4365	12.58867	65.75225	13.15045	0
S173	80.0127	12.49802	63.44959	12.68992	0
S174	72.8615	13.72467	94.60658	18.92132	0
S175	83.8179	11.93063	49.03789	9.807578	0
S176	79.7309	12.54219	64.57158	12.91432	0
S177	70.7893	14.12643	104.8113	20.96226	0
S178	76.9122	13.00184	76.24669	15.24934	0
S179	83.0699	12.03805	51.76659	10.35332	0
S18	83.0741	12.03745	51.75114	10.35023	21.52
S180	71.0513	14.07434	103.4882	20.69764	0
S181	79.9736	12.50413	63.6048	12.72096	0
S182	81.2589	12.30634	58.58115	11.71623	0
S183	83.2889	12.0064	50.9626	10.19252	0
S184	68.3505	14.63047	117.6139	23.52279	11.93
S185	83.4579	11.98209	50.34506	10.06901	0
S186	81.2529	12.30725	58.60423	11.72085	0
S187	74.736	13.38043	85.86298	17.1726	0
S188	80.4195	12.43479	61.84379	12.36876	0
S189	83.2599	12.01058	51.06882	10.21376	0
S19	78.728	12.70196	68.62983	13.72597	87.382
S190	83.9355	11.91391	48.61331	9.722663	0
S191	77.5191	12.90005	73.6612	14.73224	0
S192	86.2693	11.59161	40.42686	8.085373	0

ادامه جدول پ-۲- ضریب CN و تلفات اولیه و نفوذپذیری زیرحوضه ها

	cn	1000/cn	s	Ia	permi-perc
S193	82.1274	12.1762	55.27558	11.05512	0
S194	80.6202	12.40384	61.05751	12.2115	0
S195	82.0936	12.18122	55.40294	11.08059	0
S196	80.5407	12.41608	61.36849	12.2737	0
S197	77.7086	12.86859	72.86214	14.57243	0
S198	82.955	12.05473	52.1901	10.43802	0
S199	81.7825	12.22755	56.57989	11.31598	0
S2	82.2896	12.1522	54.66599	10.9332	0
S20	81.7956	12.2256	56.53015	11.30603	12.62
S200	80.717	12.38896	60.67967	12.13593	0
S201	83.2249	12.01563	51.19713	10.23943	0
S202	81.1579	12.32166	58.97016	11.79403	0
S203	77.5784	12.89019	73.41072	14.68214	0
S204	76.02	13.15443	80.12261	16.02452	0
S205	80.0912	12.48577	63.13845	12.62769	16.018
S206	81.166	12.32043	58.93892	11.78778	8.18
S207	78.1888	12.78956	70.85472	14.17094	0
S208	83.8156	11.93095	49.04622	9.809244	0
S21	78.7365	12.70059	68.59497	13.71899	0
S210	71.7619	13.93497	99.94826	19.98965	0
S211	79.6657	12.55245	64.83231	12.96646	0
S212	81.851	12.21732	56.31998	11.264	0
S213	78.8241	12.68648	68.23649	13.6473	0
S215	72.622	13.76993	95.75626	19.15125	0
S217	79.3836	12.59706	65.96534	13.19307	0
S218	79.18496	12.62866	66.76798	13.3536	0
S219	80.0693	12.48918	63.22521	12.64504	0
S22	68.89863	14.51408	114.6576	22.93151	0
S220	82.4647	12.1264	54.01058	10.80212	2.3391
S221	82.0749	12.18399	55.47343	11.09469	43.47
S222	80.135	12.47894	62.96511	12.59302	0
S223	69.5837	14.37118	111.028	22.2056	0
S224	82.4647	12.1264	54.01058	10.80212	8.32
S226	78.9916	12.65957	67.55318	13.51064	0

ادامه جدول پ-۲- ضریب CN و تلفات اولیه و نفوذپذیری زیرحوضه ها

	cn	1000/cn	s	Ia	permi-perc
S227	79.7972	12.53177	64.3069	12.86138	0.0708
S228	80.602	12.40664	61.12867	12.22573	2.15
S229	75.606	13.22646	81.95216	16.39043	27.42
S23	78.9686	12.66326	67.64684	13.52937	0
S230	81.3661	12.29013	58.16933	11.63387	86.167
S231	74.9858	13.33586	84.73079	16.94616	0
S232	83.7101	11.94599	49.42815	9.88563	9.74
S24	80.0693	12.48918	63.22521	12.64504	0
S25	79	12.65823	67.51899	13.5038	0
S26	76.585	13.05739	77.65764	15.53153	0
S27	79.665	12.55256	64.83512	12.96702	0
S28	82.2021	12.16514	54.99453	10.99891	0
S29	80.487	12.42437	61.57891	12.31578	0
S3	79.53	12.57387	65.37634	13.07527	0
S30	79	12.65823	67.51899	13.5038	0
S31	83.6502	11.95454	49.64542	9.929084	0
S32	79.8378	12.5254	64.14504	12.82901	6.808
S33	81.9075	12.20889	56.10591	11.22118	0
S34	77.9367	12.83093	71.90551	14.3811	0
S35	80.8748	12.36479	60.06568	12.01314	7.4843
S36	81.4296	12.28055	57.92587	11.58517	8.5496
S37	77.1519	12.96144	75.22066	15.04413	0
S38	77.8201	12.85015	72.39383	14.47877	4.773
S39	80.2914	12.45463	62.34772	12.46954	9.293
S4	80.867	12.36598	60.096	12.0192	0.1644
S40	80.875	12.36476	60.06491	12.01298	0
S41	82.0647	12.18551	55.5119	11.10238	0
S42	81.5867	12.2569	57.32525	11.46505	6.419
S43	71.4497	13.99586	101.4948	20.29897	4.895
S44	80.8395	12.37019	60.20283	12.04057	7.663
S45	80.0613	12.49043	63.25689	12.65138	0
S46	78.9176	12.67144	67.85468	13.57094	0
S47	79	12.65823	67.51899	13.5038	0
S48	80.3621	12.44368	62.06939	12.41388	35.33

ادامه جدول پ-۲- ضریب CN و تلفات اولیه و نفوذپذیری زیرحوضه ها

	cn	1000/cn	s	Ia	permi-perc
S49	79.6264	12.55865	64.98967	12.99793	82.38
S5	75.0977	13.31599	84.22606	16.84521	0.562
S50	83.1284	12.02958	51.5514	10.31028	21.195
S51	81.2437	12.30865	58.63963	11.72793	0
S52	81.5462	12.26299	57.47986	11.49597	4.89
S53	74.8952	13.35199	85.14055	17.02811	7.022
S54	81.9178	12.20736	56.06692	11.21338	1.36
S55	82.0356	12.18983	55.62168	11.12434	15.832
S56	81.4607	12.27586	57.80679	11.56136	1.917
S57	79.8609	12.52177	64.05301	12.8106	5.621
S58	81.178	12.31861	58.89265	11.77853	0
S59	82.303	12.15023	54.61572	10.92314	2.69
S6	80.4846	12.42474	61.58834	12.31767	23.27
S60	82.03091	12.19053	55.63938	11.12788	0
S61	79.6703	12.55173	64.8139	12.96278	4.277
S62	84	11.90476	48.38095	9.67619	0
S63	81.6479	12.24771	57.09188	11.41838	44.457
S64	80.4448	12.43088	61.74446	12.34889	5.295
S65	80.8569	12.36753	60.13521	12.02704	23.212
S66	80.5502	12.41462	61.33131	12.26626	51.728
S67	78.6701	12.71131	68.86728	13.77346	0.128
S68	78.6708	12.7112	68.8644	13.77288	0
S69	78.9955	12.65895	67.53731	13.50746	31.13
S7	79	12.65823	67.51899	13.5038	15.53
S70	78.3805	12.75828	70.06019	14.01204	45.46
S71	66.0541	15.13911	130.5333	26.10666	70.38
S72	77.6115	12.88469	73.27107	14.65421	100
S73	79.7559	12.53826	64.47174	12.89435	91.74
S74	80.2595	12.45958	62.47344	12.49469	100
S75	81.7559	12.23153	56.68093	11.33619	98.77
S76	78.6744	12.71061	68.84962	13.76992	100
S77	80.7865	12.37831	60.40897	12.08179	76.91
S78	78.7366	12.70057	68.59456	13.71891	94.24
S79	80.8155	12.37386	60.29615	12.05923	100

ادامه جدول پ-۲- ضریب CN و تلفات اولیه و نفوذپذیری زیرحوضه ها

	cn	1000/cn	s	Ia	permi-perc
S8	79.1634	12.6321	66.85535	13.37107	42.4
S80	82.5451	12.11459	53.71058	10.74212	99.57
S81	79	12.65823	67.51899	13.5038	82.76
S82	83.3502	11.99757	50.73833	10.14767	100
S83	80.9734	12.34974	59.68327	11.93665	18.042
S84	80.9977	12.34603	59.58914	11.91783	61.27
S85	77.291	12.93812	74.62817	14.92563	94.34
S86	72.54	13.7855	96.15164	19.23033	68.2
S87	79	12.65823	67.51899	13.5038	0
S88	80.6882	12.39339	60.79199	12.1584	0
S89	80.5819	12.40973	61.20725	12.24145	0
S9	79	12.65823	67.51899	13.5038	0
S90	79.0009	12.65808	67.51532	13.50306	0
S91	79.6248	12.5589	64.99608	12.99922	8.408
S92	79.2374	12.6203	66.55571	13.31114	31.89
S93	79.08	12.64542	67.19372	13.43874	9.357
S94	78.9937	12.65924	67.54464	13.50893	31.862
S95	73.4167	13.62088	91.97032	18.39406	0.11
S96	66.4872	15.04049	128.0284	25.60569	7.036
S97	82.7548	12.08389	52.93084	10.58617	19.03
S98	79.7786	12.53469	64.38111	12.87622	56.7
S99	78.1875	12.78977	70.86011	14.17202	52.301

جدول پ-۳- ضرایب ماسکینگهام

REACH	Muskingum K (HR)	Muskingum X
R1	0.1764	0.2
R10	0.3448	0.35
R100	0.0506	0.35
R101	0.1986	0.35
R102	0.0416	0.35
R103	0.05622	0.35

REACH	Muskingum K (HR)	Muskingum X
R107	0.0749	0.35
R108	0.0335	0.35
R109	0.129	0.35
R11	0.1291	0.35
R110	0.02696	0.35
R111	0.297	0.35

ادامه جدول پ-۳- ضرایب ماسکینگهام

REACH	Muskingum K (HR)	Muskingum X
R12	0.2022	0.35
R13	0.0791	0.35
R14	0.2241	0.35
R15	0.4404	0.35
R16	0.2651	0.2
R17	0.3458	0.2
R18	0.1924	0.35
R19	0.2584	0.2
R2	0.1979	0.35
R20	0.2518	0.35
R23	0.2368	0.35
R24	0.0786	0.2
R26	0.6831	0.2
R27	0.0704	0.2
R28	0.3376	0.35
R29	0.1547	0.35
R3	0.4112	0.35
R30	0.0579	0.35
R32	0.07939	0.35
R33	0.144	0.35
R34	0.174	0.35
R35	0.0749	0.35
R36	0.073	0.35
R37	0.1986	0.35
R39	0.1108	0.2
R4	0.3966	0.2
R40	0.2109	0.2
R41	0.1429	0.35
R42	0.092	0.35
R43	0.0878	0.35
R44	0.3201	0.35
R45	0.2197	0.2
R46	0.3327	0.2
R47	0.152	0.35

REACH	Muskingum K (HR)	Muskingum X
R5	0.1875	0.35
R50	0.2448	0.35
R51	0.1827	0.35
R52	0.1282	0.35
R53	0.2087	0.35
R54	0.5574	0.2
R55	0.2362	0.35
R56	0.2167	0.2
R58	0.1169	0.35
R59	0.0641	0.35
R6	0.08209	0.35
R60	0.1029	0.2
R61	0.23096	0.35
R62	0.1091	0.35
R64	0.2461	0.35
R65	0.1326	0.35
R66	0.2027	0.2
R67	0.2663	0.2
R68	0.1334	0.35
R7	0.4993	0.35
R70	0.1689	0.35
R71	0.2471	0.2
R72	0.08	0.35
R73	0.1002	0.35
R74	0.1786	0.35
R75	0.1243	0.2
R76	0.0812	0.35
R77	0.2033	0.35
R78	0.2202	0.35
R79	0.2021	0.35
R8	0.08517	0.35
R80	0.2566	0.35
R81	0.3936	0.2
R82	0.05395	0.35

ادامه جدول پ-۳- ضرایب ماسکینگهام

REACH	Muskingum K (HR)	Muskingum X
R48	0.1716	0.35
R49	0.0697	0.35
R84	0.1126	0.35
R85	0.09967	0.2
R87	0.0767	0.35
R88	0.1308	0.35
R89	0.1331	0.35
R90	0.0274	0.35
R91	0.1491	0.35
R92	0.1431	0.35
R93	0.1561	0.35
R94	0.3347	0.35
R95	0.575	0.2

REACH	Muskingum K (HR)	Muskingum X
R83	0.1511	0.35
R96	0.2637	0.2
R97	0.1811	0.35
R98	0.38	0.35
R99	0.0752	0.2
Reach-1	0.1062	0.35
Reach-10	0.581	0.2
Reach-2	0.0931	0.35
Reach-3	0.08052	0.35
Reach-4	0.0823	0.35
Reach-5	0.0598	0.35
Reach-6	0.0681	0.35
Reach-7	0.02619	0.35
Reach-8	0.0274	0.35

جدول پ-۴- طول رود در هر زیر حوضه

sub-basin	L(m)	L(ft)	S
1	2912.031	9553.908	0.35
2	1712.254	5617.631	0.44
3	2135.807	7007.242	0.37
4	2229.066	7313.21	0.39
5	4695.168	15404.09	0.09
6	2500.782	8204.666	0.39
7	3094.63	10152.99	0.25
8	2015.807	6613.541	0.44
9	1599.117	5246.446	0.40
10	1703.381	5588.52	0.27

sub-basin	L(m)	L(ft)	S
11	3296.171	10814.21	0.284
12	1782.082	5846.724	0.325
13	3033.919	9953.803	0.197
14	1835.929	6023.39	0.457
15	3824.335	12547.03	0.219
16	1838.65	6032.317	0.377
17	1694.386	5559.009	0.389
18	2326.934	7634.299	0.193
19	2388.944	7837.744	0.168
20	1692.965	5554.346	0.485

جدول پ-۴- طول رود در هر زیر حوضه

sub-basin	L(m)	L(ft)	S	sub-basin	L(m)	L(ft)	S
21	2070.833	6794.07	0.418	51	2070.954	6794.469	0.1428
22	1795.929	5892.156	0.335	52	1552.379	5093.107	0.5612
23	1749.533	5739.938	0.224	53	1560.66	5120.276	0.5011
24	2324.924	7627.704	0.42	54	1683.97	5524.835	0.5057
25	3074.508	10086.97	0.186	55	1281.249	4203.573	0.4808
26	1579.239	5181.23	0.251	56	2696.173	8845.712	0.2614
27	2481.309	8140.776	0.311	57	2463.381	8081.959	0.3658
28	1312.965	4307.627	0.498	58	2111.543	6927.635	0.3568
29	2398.65	7869.587	0.222	59	1579.239	5181.23	0.4401
30	1647.523	5405.259	0.284	60	936.274	3071.765	0.5805
31	1312.254	4305.295	0.335	61	849.411	2786.781	0.5375
32	1979.949	6495.897	0.417	62	1870.244	6135.971	0.4922
33	1621.96	5321.39	0.355	63	1541.249	5056.591	0.5157
34	2680.224	8793.385	0.228	64	1808.356	5932.926	0.3824
35	1980.782	6498.629	0.392	65	2299.949	7545.766	0.3492
36	2003.381	6572.772	0.374	66	2335.685	7663.01	0.3755
37	1919.361	6297.115	0.269	67	1569.655	5149.787	0.2897
38	3880.315	12730.69	0.259	68	1557.817	5110.949	0.4123
39	2340.193	7677.8	0.389	69	1433.087	4701.728	0.4264
40	1444.802	4740.165	0.345	70	1319.828	4330.144	0.3774
41	1370.955	4497.882	0.412	71	961.838	3155.636	0.4889
42	2354.508	7724.764	0.437	72	1034.264	3393.255	0.3757
43	2222.082	7290.294	0.466	73	2226.102	7303.483	0.3655
44	1954.264	6411.627	0.479	74	1983.503	6507.555	0.2894
45	1016.984	3336.562	0.445	75	1570.244	5151.719	0.2749
46	739.1169	2424.924	0.429	76	1961.665	6435.909	0.2768
47	2375.929	7795.043	0.26	77	2133.087	6998.317	0.2441
48	2175.807	7138.474	0.263	78	1848.944	6066.089	0.3742
49	4295.584	14093.12	0.213	79	2138.772	7016.969	0.405
50	2300.66	7548.097	0.199	80	1810.244	5939.12	0.434

ادامه جدول پ-۴- طول رود در هر زیر حوضه

sub-basin	L(m)	L(ft)	S	sub-basin	L(m)	L(ft)	S
81	1028.112	3373.07	0.259	110	1172.254	3845.978	0.0579
82	1520.66	4989.042	0.405	111	3707.056	12162.26	0.2154
83	1709.655	5609.105	0.29	112	3516.051	11535.6	0.2205
84	894.386	2934.337	0.528	113	1685.391	5529.498	0.4495
85	2431.909	7978.704	0.432	114	1411.665	4631.448	0.508
86	3092.62	10146.39	0.199	115	1748.944	5738.007	0.1622
87	2266.224	7435.117	0.326	116	1662.67	5454.955	0.2775
88	3358.183	11017.66	0.258	117	2535.219	8317.646	0.2608
89	1931.665	6337.484	0.338	118	1521.249	4990.974	0.3349
90	1541.249	5056.591	0.351	119	2099.117	6886.866	0.2524
91	1726.812	5665.395	0.342	120	948.7006	3112.535	0.283
92	1830.366	6005.137	0.306	121	1805.391	5923.199	0.328
93	2553.919	8378.999	0.278	122	2008.944	6591.025	0.2245
94	2475.929	8123.127	0.268	123	2665.635	8745.521	0.1742
95	2079.361	6822.05	0.325	124	2549.777	8365.41	0.259
96	2001.96	6568.109	0.355	125	1308.112	4291.705	0.3486
97	2379.361	7806.302	0.291	126	3248.6	10658.14	0.1226
98	1917.229	6290.12	0.296	127	2215.807	7269.709	0.1807
99	1628.822	5343.904	0.386	128	3033.919	9953.803	0.1728
100	2380.66	7810.565	0.421	129	2264.924	7430.854	0.3179
101	1943.381	6375.922	0.243	130	2143.381	7032.09	0.2934
102	1456.396	4778.202	0.498	131	1748.944	5738.007	0.4586
103	2006.812	6584.03	0.304	132	2030.244	6660.905	0.3763
104	3361.493	11028.52	0.248	133	1807.523	5930.194	0.3006
105	1750.366	5742.67	0.372	134	2491.665	8174.755	0.1966
106	3559.605	11678.49	0.19	135	2392.62	7849.802	0.3058
107	2729.778	8955.964	0.133	136	1985.391	6513.75	0.2961
108	1608.823	5278.289	0.317	137	2429.066	7969.378	0.2419
109	1967.523	6455.128	0.198	138	1085.98	3562.926	0.1997

ادامه جدول پ-۴- طول رود در هر زیر حوضه

sub-basin	L(m)	L(ft)	S	sub-basin	L(m)	L(ft)	S
139	2130.955	6991.321	0.269	171	1430.244	4692.401	0.3543
140	2156.396	7074.79	0.175	172	2004.802	6577.435	0.3694
141	1991.076	6532.403	0.283	173	1578.406	5178.498	0.3878
142	2510.488	8236.508	0.308	174	2876.762	9438.195	0.23
143	2619.239	8593.303	0.231	175	850.1219	2789.114	0.1942
144	1955.929	6417.091	0.185	176	778.4062	2553.826	0.1989
145	1499.828	4920.694	0.254	177	2207.056	7240.998	0.3461
146	1832.376	6011.732	0.24	178	1756.518	5762.854	0.2124
147	1041.838	3418.103	0.351	179	997.1068	3271.348	0.1468
148	2461.493	8075.764	0.207	180	2235.929	7335.726	0.3511
149	2059.949	6758.364	0.566	181	1258.528	4129.029	0.2399
150	1706.102	5597.447	0.336	182	1904.802	6249.351	0.3246
151	2129.533	6986.657	0.393	183	2159.361	7084.517	0.3645
152	2316.64	7600.525	0.322	184	2260.66	7416.864	0.4549
153	1760.714	5776.621	0.42	185	706.6904	2318.538	0.5033
154	1491.665	4893.915	0.356	186	1732.965	5685.579	0.4553
155	1060.538	3479.456	0.329	187	2580.66	8466.733	0.1196
156	1596.396	5237.52	0.349	188	1379.828	4526.993	0.2028
157	1448.234	4751.423	0.348	189	4382.914	14379.64	0.1326
158	2311.787	7584.603	0.208	190	1550.244	5086.102	0.3059
159	1929.655	6330.889	0.239	191	1494.508	4903.241	0.3572
160	4695.168	15404.09	0.085	192	1689.655	5543.488	0.4419
161	2542.792	8342.494	0.297	193	1508.944	4950.605	0.3715
162	1624.802	5330.716	0.245	194	1898.65	6229.167	0.46
163	2325.513	7629.636	0.211	195	4331.909	14212.3	0.2032
164	2435.807	7991.494	0.263	196	1567.401	5142.392	0.3222
165	2257.229	7405.606	0.221	197	2065.513	6776.617	0.2378
166	2101.493	6894.661	0.156	198	4220.193	13845.78	0.1686
167	2853.797	9362.852	0.355	199	3277.473	10752.86	0.1758
168	2123.503	6966.873	0.341	200	3114.924	10219.57	0.0841
169	1660.66	5448.36	0.458	201	3040.782	9976.319	0.1313
170	2123.381	6966.473	0.332	202	2154.508	7068.596	0.0836

ادامه جدول پ-۴- طول رود در هر زیر حوضه

sub-basin	L(m)	L(ft)	S	sub-basin	L(m)	L(ft)	S
206	2230.449	7317.745	0.232	218	416.9848	1368.06	0.0301
207	913.5534	2997.222	0.276	219	98.2842	322.4547	0.1059
208	476.9848	1564.911	0.372	220	352.132	1155.289	0.0508
209	487.9899	1601.017	0.109	221	669.411	2196.23	0.2274
210	379.7056	1245.753	0.318	222	427.8999	1403.871	0.4259
211	708.111	2323.199	0.455	223	1876.518	6156.555	0.3055
212	322.8471	1059.21	0.455	224	1598.406	5244.115	0.4761
213	562.5483	1845.631	0.455	225	1328.944	4360.054	0.2336
214	113.6753	372.9505	0.471	226	2142.792	7030.158	0.0367
215	1193.553	3915.857	0.574	227	372.132	1220.906	0.0675
216	1612.376	5289.947	0.558	228	451.4213	1481.041	0.3427
217	1391.076	4563.899	0.522				

جدول پ-۵- گیجهای اختصاص داده شده به زیر حوضه ها

sub-basin	gage.no.	sub-basin	gage.no.	sub-basin	gage.no.	sub-basin	gage.no.
S1	Gage 1	S130	Gage 2	S162	Gage 2	S194	Gage 2
S10	Gage 1	S131	Gage 1	S163	Gage 2	S195	Gage 2
S100	Gage 1	S132	Gage 2	S164	Gage 2	S196	Gage 2
S101	Gage 1	S133	Gage 2	S165	Gage 2	S197	Gage 2
S102	Gage 1	S134	Gage 2	S166	Gage 2	S198	Gage 2
S103	Gage 1	S135	Gage 2	S167	Gage 2	S199	Gage 2
S104	Gage 1	S136	Gage 2	S168	Gage 2	S2	Gage 1
S105	Gage 1	S137	Gage 2	S169	Gage 2	S20	Gage 1
S106	Gage 1	S138	Gage 2	S17	Gage 1	S200	Gage 2
S107	Gage 1	S139	Gage 2	S170	Gage 2	S201	Gage 2
S108	Gage 1	S14	Gage 1	S171	Gage 2	S202	Gage 2
S109	Gage 1	S140	Gage 2	S172	Gage 2	S203	Gage 2
S3	Gage 1	S61	Gage 1	S35	Gage 1	S93	Gage 2
S30	Gage 1	S62	Gage 1	S36	Gage 1	S34	Gage 1
S11	Gage 1	S141	Gage 2	S173	Gage 2	S204	Gage 2

ادامه جدول پ-۵ - گیجهای اختصاص داده شده به زیرحوضه ها

sub-basin	gage.no.	sub-basin	gage.no.	sub-basin	gage.no.	sub-basin	gage.no.
S110	Gage 1	S142	Gage 2	S174	Gage 2	S205	Gage 1
S111	Gage 1	S143	Gage 2	S175	Gage 2	S206	Gage 2
S112	Gage 1	S144	Gage 2	S176	Gage 2	S207	Gage 2
S113	Gage 1	S145	Gage 2	S177	Gage 2	S208	Gage 1
S114	Gage 1	S146	Gage 2	S178	Gage 2	S21	Gage 1
S115	Gage 1	S147	Gage 2	S179	Gage 2	S210	Gage 1
S116	Gage 1	S148	Gage 2	S18	Gage 2	S211	Gage 2
S117	Gage 1	S149	Gage 2	S180	Gage 2	S212	Gage 1
S118	Gage 1	S15	Gage 2	S181	Gage 2	S213	Gage 1
S119	Gage 1	S150	Gage 2	S182	Gage 2	S215	Gage 1
S12	Gage 1	S151	Gage 2	S183	Gage 2	S217	Gage 1
S120	Gage 1	S152	Gage 2	S184	Gage 2	S218	Gage 1
S121	Gage 2	S153	Gage 2	S185	Gage 2	S219	Gage 1
S122	Gage 2	S154	Gage 2	S186	Gage 2	S22	Gage 1
S123	Gage 2	S155	Gage 2	S187	Gage 2	S220	Gage 1
S124	Gage 2	S156	Gage 2	S188	Gage 2	S221	Gage 1
S125	Gage 2	S157	Gage 2	S189	Gage 2	S222	Gage 1
S126	Gage 2	S158	Gage 2	S19	Gage 1	S223	Gage 1
S127	Gage 2	S159	Gage 2	S190	Gage 2	S224	Gage 1
S128	Gage 2	S16	Gage 2	S191	Gage 2	S226	Gage 2
S129	Gage 2	S160	Gage 2	S192	Gage 2	S227	Gage 2
S13	Gage 2	S161	Gage 2	S193	Gage 2	S228	Gage 2
S229	Gage 2	S51	Gage 1	S83	Gage 2	S94	Gage 2
S23	Gage 1	S52	Gage 1	S84	Gage 2	S95	Gage 2
S230	Gage 1	S53	Gage 1	S85	Gage 2	S96	Gage 2
S231	Gage 1	S54	Gage 1	S86	Gage 2	S97	Gage 2
S232	Gage 1	S55	Gage 1	S87	Gage 2	S98	Gage 2
S24	Gage 1	S56	Gage 1	S63	Gage 1	S88	Gage 2
S25	Gage 1	S57	Gage 1	S64	Gage 1	S89	Gage 2
S26	Gage 1	S58	Gage 1	S65	Gage 1	S9	Gage 1
S27	Gage 1	S59	Gage 1	S66	Gage 1	S90	Gage 2
S28	Gage 1	S6	Gage 1	S67	Gage 1	S91	Gage 2
S29	Gage 1	S60	Gage 1	S68	Gage 1	S92	Gage 2
S31	Gage 1	S33	Gage 1	S32	Gage 1		

جدول پ-۶- بارشهای زیرحوضه ها

	2		1
01Jan2000, 17:00	0.18		0.25
01Jan2000, 17:15	0.26		0.332
01Jan2000, 17:30	0.34		0.414
01Jan2000, 17:45	0.42		0.496
01Jan2000, 18:00	0.5		0.578
01Jan2000, 18:15	0.58		0.66
01Jan2000, 18:30	0.66		0.742
01Jan2000, 18:45	0.74		0.824
01Jan2000, 19:00	0.82		0.906
01Jan2000, 19:15	0.9		0.988
01Jan2000, 19:30	0.98		1.07
01Jan2000, 19:45	1.06		1.152
01Jan2000, 20:00	1.14		1.234
01Jan2000, 20:15	1.22		1.316
01Jan2000, 20:30	1.15		1.249
01Jan2000, 20:45	1.08		1.182
01Jan2000, 21:00	1.01		1.115
01Jan2000, 21:15	0.94		1.048
01Jan2000, 21:30	0.87		0.981
01Jan2000, 21:45	0.8		0.914
01Jan2000, 22:00	0.73		0.847
01Jan2000, 22:15	0.66		0.78
01Jan2000, 22:30	0.59		0.713
01Jan2000, 22:45	0.52		0.646
01Jan2000, 23:00	0.45		0.579
01Jan2000, 23:15	0.38		0.512
01Jan2000, 23:30	0.31		0.445
01Jan2000, 23:45	0.24		0.378
02Jan2000, 00:00	0.17		0.311
	19.7		23.662
		43.362	

منابع و مراجع :

- (۱) ابریشمی ج ، حسینی م ، (۱۳۸۷)، **هیدرولیک کانالهای باز** ، چاپ نوزدهم ، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، ص ۲۲ و ص ۱۰۰ و ص ۱۰۱ و ص ۳۵۹
- (۲) پرتانی ص و داننده مهر ع و جلال م ، (۱۳۸۴) "مطالعه سازه های کنترل سیلاب شهری و بررسی معیارهای طراحی زهکش های برون شهری"
- (۳) خورسندی ح و فقیری غ و کلانتر ع ، (۱۳۸۵) ، " راهنمای ارزیابی خسارات سیل " ، نشریه وزارت نیرو ، شماره ۲۹۶-الف ، ص ۴ و ص ۵ و ص ۶
- (۴) روشنی ر ، (۲۰۰۳) ، پایان نامه کارشناسی ارشد ؛ " ارزیابی اثر چکدمها در پیک سیل جهت بهینه سازی اقدامات کنترل سیل حوضه کن " ، موسسه بین المللی تحقیقات خاک و زلزله هلند
- (۵) روغنی م و مهدوی م و غفوری ع ، (۱۳۸۲) ، "معرفی روشی در مکان یابی سطوح موثر بر دبی اوج سیل به منظور برنامه ریزی مهار سیلابها و کاهش خسارات آن در حوزه های آبخیز کشور، مطالعه موردی :حوزه رودک" ، نشریه پژوهش و سازندگی منابع طبیعی ، شماره ۶۱ ، کد ۱۸-۲۷ ، ص ۱۸
- (۶) سازمان هواشناسی کشور ، نقش کاربردی هشدارهای هواشناسی در کاهش خسارات سیل، ۱۳۸۸
- (۷) عطایی فر ح ، (۱۳۸۸) ، "مدیریت جامع کنترل سیل در کشور ژاپن " ، کنفرانس بین المللی عمران، ایران
- (۸) علیزاده ا ، (۱۳۸۹) ، **اصول هیدرولوژی کاربردی** ، چاپ سی ام ، انتشارات آستان قدس رضوی ، مشهد، ص ۵۲۰ و ص ۵۲۴
- (۹) فاطمی قمی م ، (۲۰۰۳) پایان نامه کارشناسی ارشد " شناسایی جریانات حاوی گل ولای و رسوبات در حوضه کن " ، موسسه بین المللی تحقیقات خاک و زلزله هلند

۱۰) کارآموز م ، (۱۳۷۶) ، " سیلاب و تمهیدات مدیریتی برای مهار سیلاب " کارگاه آموزشی

تخصصی مهار سیلاب رودخانه ها ، انجمن هیدرولیک ایران

۱۱) معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، (۱۳۸۷) ، **نگهداری سازه های**

کنترل سیل و رسوب (سدهای اصلاحی) ، نشریه ۴۱۶ ، ص ۱۲ و ص ۳۷ و ص ۸۱.

<http://www.Fer.org.ir> و <http://tec.mporg.ir>

12) Al-Weshah R, Ph.D, (2005), "Watershed Management: A Tool For Flood Mitigation In The Petra Area " , **J. of hydrologic engineering**, UNESCO Tehran Office, pp27

13) Angus M. Gunn, (2007), **Encyclopedia of Disasters: Environmental Catastrophes and Human Tragedies**, chapter 35: 'Yellow River China flood 1887', pp 141-144

14) Armanini A. and Larcher.M, (2001) , "Rational criterion for designing opening of slit check dam", **J. of Hydraulic Engineering ASCE**, 127,2, pp 94–104.

15) Ayalew Moges S, (2007) "Flood Forecasting and Early Warning System (FFEWS) an Alternative Technology for Flood Management System and Damage Reduction in Ethiopia" , Arba Minch University, School of Graduate Studies, pp36

16) Castillo V.M. and Mosch W.M. and Conesa García C. and Navarro Cano J.A, (2007) , " Effectiveness and geomorphological impacts of check dams for soil erosion control in a semiarid Mediterranean catchment: El Cárcavo (Murcia, Spain)" , Catena 70 416–427, www.elsevier.com/locate/catena

17) Chen J-Y and Ming Hong Y, (2001), CHARACTERISTICS OF CHECK DAM SCOUR HOLE BY FREE OVER-FALL FLOW, **J. of the Chinese Institute of Engineers**, Vol. 24, No. 6, pp. 673-680

18) CHIUN-MING L, (1992), The effectiveness of check dams in controlling upstream channel stability in northeastern Taiwan, Proceedings of the Chengdu Symposium, IAHS Publ. no. 209

19) Frank Messner F. and Penning-Rowsell E. and Green C, and et.al, (January 2007) **"Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods"**, V2, European Community Sixth Framework Programme, T09-06-01, p44

20) Gautam K.P. and Van der hoek .E.E, (2003) , " **literature study on environmental impact of floods**" , GeoDelft Institute, DC1-233-13, pp6

21) Hideaki M , (2003), " Open Type Check Dams to Meet Diverse Needs", Research Center for Disaster Risk Management, pp54

- 22) Khalequzzaman Md,(2005), " Flood Control in Bangladesh through Best Management Practices", Department of Geology & Physics, Georgia Southwestern State University, Americus, GA 31709, USA. <http://vulcan.gsw.peachnet.edu/khaleq>
- 23) Minea G. and Zaharia L, (June 2011), "**Structural and Non-Structural Measures for Flood Risk Mitigation in the Bâsca River Catchment** , **Forum geografic. Studii și cercetări de geografie și protecția mediului**" V 10, Issue 1 , pp. 157-166 (www.forumgeografic.ro) DOI: 10.5775/fg.2067-4635.034.i
- 24) Mingliu CH,(July 1992) " The effectiveness of check dams in controlling upstream channel stability innortheastern Taiwan, Erosion, Debris Mows and Environment in Mountain Regions" ,Proceedings of the Chengdu Symposium, IAHS Publ. no. 209
- 24) H. Mizuno, V. Bovolin, T. Minami (2001): Study oneffectiveness of reducing peak discharge of muddy debrisflow with open type dams, **Journal of the Japan Society of Erosion Control Engineering**, Vol. 53, No. 6, p. 45-54.
- 25) H. Mizuno, V. Bovolin, K. Nakano (2002): Study on forecasting hydrograph of mudflow passing through a slit dam, **Journal of the Japan Society of Erosion Control Engineering**, Vol. 54, No. 5, p. 3-11.
- 26) Smith K .and Ward R,(1998), **Floods-physical process and human impact**,John Wiley & Sons,England
- 27) Xiang-zhou Xu.and Hong-wu zh. and Zhang Ouyang, (2004), "Development of check-dam systems in gullies on the Loess Plateau, China" , 12th ISCO Conference, pp503

Abstract

Check dams are small dams with very simple and relatively inexpensive structures and as they do not require any complicated technology or special materials for construction, they have many applications in flood and sediment control projects.

In the present study, the effects of applying check dams in reducing peak discharges and increasing time to peak is investigated in Kan basin (approximately 215 km² area) in north-west of Tehran. As this basin located near the Tehran and there are many recreational centers and Holy Shrines in this area, it has sensitive position. It is therefore necessary to take appropriate measures for reducing flood damages in this zone. The hydrologic and hydraulic modeling of the kan basin was performed using HEC-HMS software.

Using hydrological modeling, the effects of check dam construction in mitigation of flood characteristics were evaluated in three scenarios. In the first scenario, the slope of upper sub-basins after check dam construction was considered to be reduced by half of the initial slope and the secondary slopes were reduced to a tenth and a hundredth of the initial slopes for the second and third scenarios, respectively. Results of hydrological modeling revealed that in the first scenario, check dams have no effects in reducing peak discharges and increasing time to peak. But in the second scenario, the peak discharges decreased by 0.88 percent and this reduction was between 3.86 to 10.61 percent in the third scenario. Also by using check dams, the time to peak of hydrographs were postponed to maximum of 10 minutes in second scenario and 10 to 50 minutes in the third scenario, which could be very effective by considering small time of basin concentration.

In hydraulic modeling the effect of check dam construction was investigated by assuming that check dam reservoirs were empty of sediments. The slopes of sub-basins were divided in five ranges and the number of check dams was assumed 5,10,20,50,100,150 check dams in each range of slopes. In one case in each slope one sub-basin was modeled as the representative of its group and results showed that in this case by constructing 150 check dams, the least reduction of peak discharge in downstream outlet of soleghan with 50% slope was 65.7percent and maximum reduction in sangan sub-basin with 40% initial slope was 91.4 percent and the time to peak by constructing 150 check dams was postponed between 1 to 2 hour. In second case one sub-basin was modeled as witness sub-basin while all factors were fixed except slope factor. The result of this modeling showed that in this case reducing of peak discharge

and increasing time to peak would be satisfactory and optimum. By comparing the results of two method of modeling it was shown from economic point of view the hydraulic modeling in is preferred and one can use watershed and management measures with check dams.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.