



تحلیل میزان جریان های سطحی شهر هرات با استفاده از نرم افزار

HEC-HMS

پوهنمل سیدعبدالباسط مودودی و نامزد پوهنیار نوید احمد صدیقی، استادان پوهنځی انجینیرۍ، پوهنتون هرات

Analysis of runoff in Herat City using HEC-HMS

Abstract

Herat city, despite its considerable water resource potential, has lacked comprehensive and detailed studies concerning urban flood analysis. This research aims to assess hydrological conditions and simulate flood flows in three major urban canals in Herat—Joy-e-Now, Injil, and Karbar. Utilizing aerial imagery, rainfall data, topographic information, and the HEC-HMS software, simulations were conducted for a 24-hour rainfall event with a 50-year return period. The modeling process applied the SCS Curve Number method to estimate surface runoff, and key physical parameters such as time of concentration, curve number, and Manning's coefficient were precisely calculated. Findings revealed that the highest time of concentration belonged to Joy-e-Now sub-basin (34.95 minutes), and the highest runoff curve number was observed in the Karbar basin (77), indicating a high runoff potential in that area. Additionally, hydrograph analysis demonstrated that the recession time of floods in all three sub-basins is approximately three times longer than the peak time, reflecting the inefficiency of current canal structures in rapidly evacuating floodwaters. These insights provide a solid foundation for planning flood management and canalization systems in Herat's urban master plan. Given the increasing frequency of intense rainfall events and the ongoing changes in land use across Herat, the results of this study play a vital role in identifying critical flood-prone areas and designing resilient flood mitigation systems. The model outputs suggest that without urgent intervention and upgrades to existing drainage infrastructure, densely populated areas may face heightened risks of damage. Therefore, the outcomes of this research serve as a practical and scientific reference for urban planners, civil engineers, and environmental professionals in revising and strengthening surface water management strategies across Herat.

Keywords: Surface water, Harirod basin, Flood, Hydrology of Herat, HEC-HMS.



چکیده

شهر هرات با وجود ظرفیت‌های بالای منابع آبی، تاکنون فاقد مطالعات جامع و دقیق در خصوص تحلیل سیلاب‌های شهری بوده است. این تحقیق با هدف ارزیابی هایدرولوجیکی و شبیه‌سازی جریان‌های سیلابی در سه کانال مهم شهری هرات (جوی نو، جوی انجیل و کاربار) انجام شده است. با بهره‌گیری از تصاویر هوایی، داده‌های بارندگی، اطلاعات توپوگرافی و نرم‌افزار HEC-HMS، تحلیل‌های دقیق برای یک بارندگی ۲۴ ساعته در دوره بازگشت ۵۰ ساله صورت گرفت. در فرآیند مدل‌سازی از روش عدد منحنی (SCS-CN) برای محاسبه رواناب استفاده شد و مشخصات فیزیکی حوزه‌ها شامل زمان تمرکز، عدد منحنی و ضریب مانینگ به دقت محاسبه گردید. یافته‌های تحقیق نشان داد که بیشترین زمان تمرکز مربوط به حوزه جوی نو (۳۴.۹۵ دقیقه) و بیشترین عدد منحنی رواناب مربوط به حوزه کاربار (۷۷) می‌باشد که نشان‌دهنده پتانسیل بالای جریان در این ناحیه است. همچنین، نتایج هایدروگراف‌ها مشخص کرد که زمان فروکش کردن سیلاب در هر سه حوزه تقریباً سه برابر زمان اوج سیلاب است، که بیانگر ناکارآمدی ساختار فعلی کانال‌ها در تخلیه سریع جریان‌های سیلابی می‌باشد. این تحلیل‌ها می‌توانند پایه‌ای مناسب برای طراحی سیستم‌های مدیریت و کنترل سیلاب در چارچوب ماستر پلان شهری هرات فراهم کنند. با توجه به روند افزایشی بارندگی‌های شدید و تغییرات کاربری اراضی در شهر هرات، نتایج این تحقیق نقش مهمی در شناسایی نقاط بحرانی و طراحی سامانه‌های مقاوم در برابر سیلاب ایفا می‌کند. مدل‌سازی انجام‌شده نشان می‌دهد که در صورت عدم مداخله و نوسازی ساختارهای زهکشی شهری، خطر وقوع خسارات جانی و مالی در مناطق پرجمعیت افزایش خواهد یافت. از این‌رو، نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند به عنوان مرجعی علمی و کاربردی برای تصمیم‌گیران شهری، انجینیران عمران و برنامه‌ریزان محیط‌زیست جهت بازنگری در طراحی و توسعه زیرساخت‌های مدیریت آب‌های سطحی در هرات مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: آب‌های سطحی، حوزه آبی هریرود، سیلاب، هایدرولوجی هرات، HEC-HMS

مقدمه

هرات از لحاظ منابع آبی یکی از غنی‌ترین ولایات در سطح کشور عزیزمان بوده اما از لحاظ بهره‌برداری و استفاده درست از این منابع در سطح بالایی قرار ندارد. لذا شناخت و بررسی منابع آبی و تهیه و ترتیب پلان برای محافظت و مدیریت مناسب از این منبع خداداد در رشد و شکوفایی هر چه بیشتر شهر و در مجموع ولایت هرات بسیار موثر و ارزنده می‌باشد. هم‌چنان به دلیل نبود سیستم کانالیزاسون شهری در تمام قسمت‌های شهر و دیزاین نادرست کانال‌ها، مشکلات عمده‌ای مانند: آبگرفتگی معابر و تخریب منازل در برخی مناطق هنگام بارندگی‌های شدید به‌وضوح مشاهده می‌شود که این



خود بیش از پیش ضرورت پلان گذاری مناسب هایدرو لوجیکی شهری را نشان می دهد. تحلیل و بررسی هایدرو لوجیکی در این مقاله دو هدف عمده را دنبال می کند. اول اینکه معلوماتی در مورد جریان های سطحی تهیه نموده تا ساحات مورد خطر سیلاب در قسمت های پایین دست جوی نوی و انجیل و هم چنان کاربرد مشخص شود. دوم اینکه با تثبیت مقدار جریانات معین در هر قسمت از سیستم زهکشی شهری، سیستم کنترل سیلاب را در ماستر پلان شهری هرات بهبود ببخشد.

جهت برآورد جریانات سطحی روش های مختلفی وجود دارد. از جمله این روش ها برآورد رواناب سطحی با استفاده از نفوذپذیری خاک، روش استدلالی و بوسیله روش های تجربی هم چون روش مبتنی بر سطح حوزه و روش عدد منحنی می باشد. (عادلی & محمدی، ۱۳۹۷) با توجه به این که روش عدد منحنی به صورت دقیق تر و مطمئن تر کاربرد فراوانی در اقلیم های مختلف دنیا دارد ما نیز در این مطالعه از این روش برای برآورد میزان جریانات سطحی و تعیین نقاط بحرانی جریانات سیلابی در حوزه آبی هرات استفاده شده است.

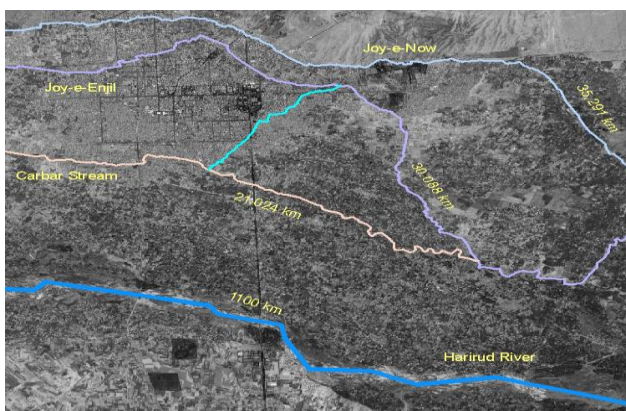
مطالعات هایدرو لوجیکی شامل ارزیابی دقیق عواملی می باشد، که تاثیر روی مقدار جریان های سطحی دارد. اگر میزان تناوب سیلاب سالانه در یک ساحه مشخص نباشد، متخصصین هایدرو لوجی باید با در نظر داشت شرایط موجوده مقدار سیلاب را در آن حوزه برآورد نماید. (عادلی & محمدی، ۱۳۹۷) روش مناسب در حوزه های آبریز بزرگتر از یک کیلومتر مربع روش های مبتنی بر آمار است که برآورد دقیق تر و مطابق با آمار موجوده را می توان بدست آورد. نتایج بدست آمده از این روش ها نیز بسیار با هم مشابه و قابل اعتماد می باشد. با داشتن اطلاعات مربوط به بارندگی مانند عمق باران می توان عدد منحنی آن حوزه را محاسبه نمود و جریان های سطحی اعظمی سیلاب را محاسبه کرد. در مناطق همجوار ما مانند حوزه های دریایی کشورهای همسایه نیز از روش عدد منحنی در برآورد سیلاب استفاده شده است. به طور مثال مطالعه حوزه آبی گالیش در ولایت گلستان و بررسی روش های مختلف عدد منحنی در برآورد سیلاب در البرز مرکزی، با همین روش انجام شده است. نتایج این تحقیقات نشان از دقت بالای این روش در محاسبه سیلاب دارد. (عادلی & محمدی، ۱۳۹۷)

مواد و روش تحقیق

جهت انجام تحقیق روی موضوعات هایدرو لوجیکی اطلاعات گسترده ای مورد نیاز می باشد که در قابلیت اعتماد نتایج تاثیر به سزایی دارد. این مواد از اطلاعات جغرافیایی گرفته تا عکس های هوایی و

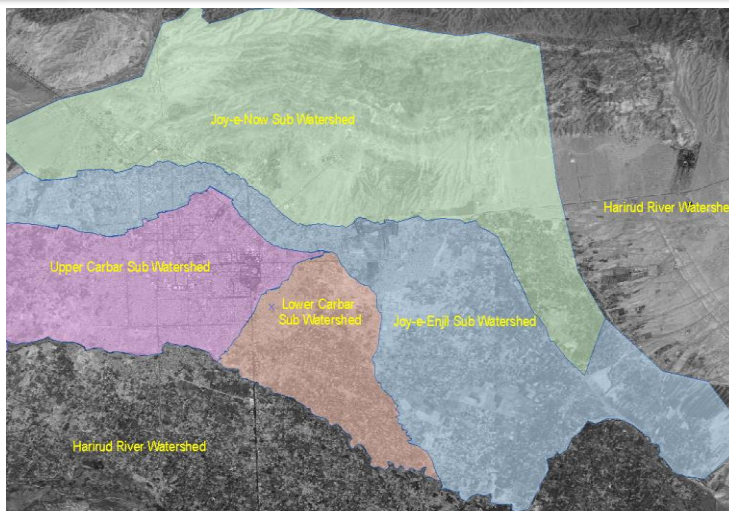
ماهوره‌ای مانند توپوگرافی عوارض زمین می‌باشد. به دلیل تغییر کاربری زمین مثلاً تبدیل زمین از ساحات زراعتی به ساحات مسکونی به‌روز بودن اطلاعات نیز یک فاکتور مهم در ارزیابی نتایج دارد. کانال‌های مهم آبیاری که در داخل شهر هرات موقعیت دارند به ترتیب عبارتند از :

۱. جوی نو در قسمت شمال هرات با طول بیشتر از ۳۵ کیلومتر
۲. جوی انجیل در قسمت شمال هرات با طول حدود ۳۰ کیلومتر
۳. کانال کاربار در قسمت جنوبی شهر هرات با طول حدود ۲۱ کیلومتر (Ahmadi A. W., 2023)



شکل ۱. موقعیت کانال‌های جوی نو، جوی انجیل و کاربار در شهر هرات (Raphy Favre, 2004)

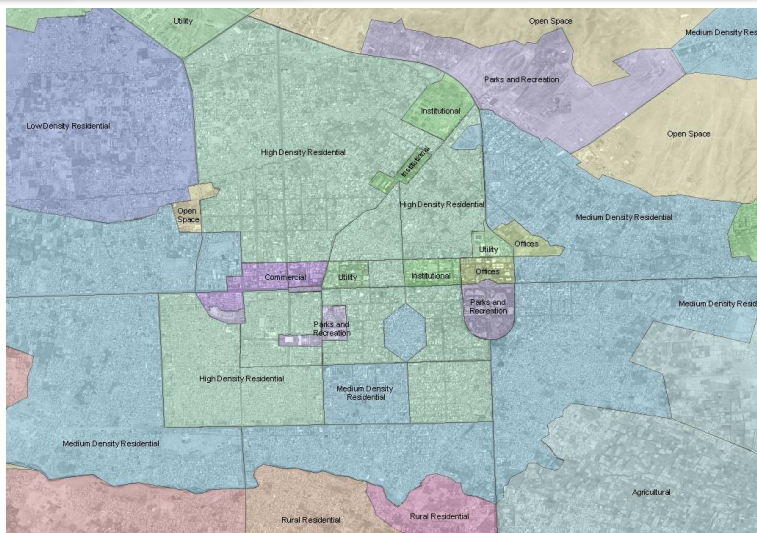
جوی نو و جوی انجیل برای اهداف آبیاری زمین‌های زراعتی در این موقعیت‌ها ساخته شده و کانال کاربار هم به منظور آبیاری و هم وظیفه انتقال جریان‌ات سیلاب ناشی از بارندگی در این منطقه به عهده دارد. در حقیقت هیچ کدام از این کانال‌ها به منظور انتقال سیلاب بارندگی‌ها دیزاین نگردیده و این موضوع در هنگام بارندگی‌های نسبتاً شدید به وضوح مشاهده می‌شود.



شکل ۲. حوزه آبی فرعی کانال‌ها در هرات (Raphy Favre, 2004)

تعیین محدوده هر حوزه فرعی، شیب هر حوزه، مساحت، محیط و ارتفاع زیر حوضه‌ها با استفاده از نقشه‌ها به کمک سافت‌ویر سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام شده است. جهت جمع‌آوری معلومات بارندگی و هایدروگراف بارندگی مربوطه از آمار ایستگاه‌های هایدرولوجیکی هرات که در ساحات میدان هوایی و کرخ موقعیت دارد، استفاده شده است. اولین قدم برای انجام یک مدل هایدرولوجیکی شامل ترسیم نمودن جریان‌های سطحی آب داخل حوضه آبریز و مشخص نمودن بعضی خصوصیات اساسی ساحه مورد نظر مانند: مساحت، میل، طول مسیر جریان، درجه حرارت اوسط، تبخیر و شدت بارندگی می‌باشد که بعضی از این کمیت‌ها را می‌توان به‌وسیله نقشه‌های هوایی و توپوگرافی ساحه بدست آورد.

سافت‌ویرهای موجود هایدرولوجی با استفاده از معلوماتی که قبلاً ذکر گردیده، قابلیت شبیه‌سازی فرآیندهای مختلف از قبیل بارندگی و سیلاب در حوزه‌های آبی را دارا می‌باشند. هم‌چنان با استفاده از مشخص نمودن مقدار جریان در قسمت‌های مختلف کانال‌ها می‌توان پلان‌های مناسب برای سیستم کنترل و مهار سیلاب را نیز دیزاین نمود.



شکل ۳. نقشه بهره‌وری زمین در هرات (Raphy Favre, 2004)

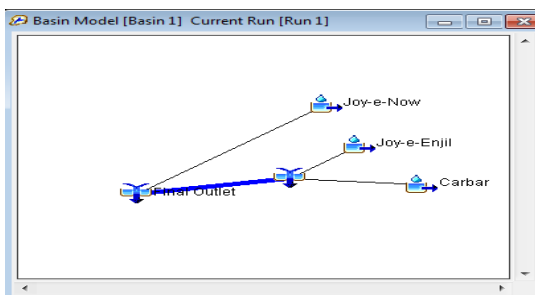
کالیراسیون اطلاعات در صورت مشاهده اشتباهات در قسمت شدت باران بسیار مهم می‌باشد. سپس محاسبه زمان تاخیر هر حوزه مورد مطالعه صورت می‌گیرد. اگر در آمار نواقصی مشاهده شود به کمک روش ماتریس همبستگی و یا روابط رگرسیونی بین ایستگاه‌ها بوسیله آزمون توالی و جرم مضاعت این نواقص رفع می‌گردد.

سافت‌ویر HEC-HMS با واردنمودن پارامترهای فیزیکی، خصوصیات هواشناسی و مشخصات کنترل می‌تواند هایدروگراف‌های هر حوزه را با واحد زمانی متفاوت ترسیم کند. اولین قدم در ایجاد یک مدل هایدرولوجیکی شامل مشخص کردن مسیر جریانات هر حوزه آبی می‌باشد. معلومات اساسی دیگر مانند: مساحت، میل، طول کانال و تراکم شبکه جریانات در ترسیم مدل ضروری است.

(Engineers, Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) User's Manual, 2021)

این مقدار دیسچارج روان‌آب برای یک دوره ۵۰ ساله و یک بارندگی ۲۴ ساعته با استفاده از نرم افزار HEC-HMS تحت شرایط موجوده با استفاده از عکس های هوایی و آمار بارندگی این حوزه آبریز محاسبه شده است. شکل ۴ نمای مدل شبیه سازی شده در سافت‌ویر HEC-HMS را نشان می‌دهد. در این مدل هر کانال شهری مانند: جوی نو، جوی انجیل و کاربار یک حوزه فرعی بوده که جریان مشخصی در زمان بارندگی انتقال می‌دهد. بعد از مشخص نمودن اجزاء و شاخه های فرعی در این حوزه، سایر مشخصات مورد نیاز در این شبیه‌سازی باید برای آن تعریف نمود. در این مدل

از روش عدد منحنی سرویس محافظت خاک SCS^1 Curve Number برای محاسبه ضایعات بارندگی مورد استفاده قرار گرفته است. تحلیل داده‌های هواشناسی بوسیله مولفه مدل هواشناسی در این نرم افزار انجام می‌شود. این مولفه شامل اطلاعات بارندگی و تبخیرمی باشد. سیلاب تناوبی (Frequency storm) در این حوزه برای تحلیل مدل مورد استفاده قرار گرفته است. (Garen, 2005)



شکل ۴. مدل ترسیم شده در نرم افزار HEC-HMS

یافته‌های تحقیق

برای شبیه سازی فرآیند سیلاب مستقیم از بارندگی مازاد از روش تبدیل هایدروگراف واحد سرویس تحفظ خاک (SCS unit hydrograph transform) در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. این روش دو کمیت اساسی را نیاز دارد. این پارامترها عبارتند از: (Hawkins, ۲۰۰۶)

- زمان عقب افتادن حوزه (basin lag time)
- عدد ضریب منحنی رواناب (curve number) (Hawkins, 2006)

در این روش تقریباً زمان عقب افتادگی حوزه آبریز مساوی با ۶۰ فیصد زمان تمرکز بارندگی (Time of Concentration) می باشد. زمان تمرکز در داخل یک حوزه آبی مساوی با زمانی است که آب های سطحی حاصل از بارندگی از دورترین نقطه هایدرولیکی در داخل حوزه آبی به نقطه خروجی آن ساحه و یا محل مورد نظر برسد. برای محاسبه زمان تمرکز باید مقدار زمان جریان در کانال به اضافه زمان جریان در روی زمین تا کانال را با هم جمع نماییم. تقریباً در تمام ساحات بیشترین طول جریان در روی سطح زمین تقریباً برابر با ۱۰۰ متر در نظر گرفته می‌شود. (Hawkins, 2006)

¹ Soil Conservation Service



جدول ۱: محاسبه زمان تمرکز و زمان تاخیر حوزه آبی فرعی جوی نو

جریان مسطح	واحد	مقدار/ خصوصیات
مشخصات سطح زمین		مواقع، نوع خاک گروپ
ضریب روانآب (C)		D
طول جریان (L) ، (L<150m)	متر	۳۰.۴۸
میل سطح زمین (S)	متر/ متر	۰.۰۴
زمان یک جا شدن جریانات مسطح $T_0 = 0.275 \times L^{0.42} \times S^{-0.19} \times C^{-1}$	دقیقه	۵.۸۴۵
جریان متمرکز شده کم عمق		
خصوصیات سطح (روسازی شده یا روسازی نشده)		روسازی نشده
طول جریان (L)	متر	۱۰۰۰
میل حوضه آبریز	متر/ متر	۰.۰۲۰
زمان تمرکز $T_c = L / (16.441 \times S^{0.5603} \times 60)$	دقیقه	۲۷.۲۲۵
جریان کانال		
مساحت مقطع کانال (a)	متر مربع	۴.۱۰۲
محیط مرطوب شده (P _w)	متر	۶.۴۰۲
شعاع هایدرولیکی (R)	متر	۰.۶۴۰
میل کانال (S)	متر/ متر	۰.۰۲۰
ضریب زبری مانینگ (n) کانکریٹ رویه صاف	-	۰.۰۱۵
سرعت کانال $V = (1/n) \times R^{2/3} \times S^{1/2}$	متر بر ثانیه	۷.۰۲۶
طول کانال (L)	متر	۳۵۲۹۱
زمان تمرکز بارندگی در کانال $T_t = L / (60 \times V)$	دقیقه	۱.۳۹۶
مجموع زمان تمرکز حوزه آبی فرعی جوی نو حاصل جمع زمان مرحله ۵، ۹ و ۱۷	دقیقه	۳۴.۹۵
زمان تاخیر حوزه فرعی = ۰.۶ x T _c	دقیقه	۲۰.۷



جدول ۲: محاسبه زمان تمرکز و زمان تاخیر حوزه آبی فرعی جوی انجیل

جریان مسطح	واحد	مقدار/ خصوصیات
مشخصات سطح زمین		مواقع، نوع خاک گروپ
ضریب رواناب (C)		D
طول جریان (L) ، (L<150m)	متر	۶۰.۹۸
میل سطح زمین (S)	متر/ متر	۰.۰۴۰
زمان یک جا شدن جریانات مسطح	دقیقه	۷.۸۲۰
$T_0 = 0.275 \times L^{0.42} \times S^{-0.19} \times C^{-1}$		

جدول ۳: محاسبه زمان تمرکز و زمان تاخیر حوزه آبی فرعی جوی کاربار

جریان مسطح	واحد	مقدار/ خصوصیات
مشخصات سطح زمین		مواقع، نوع خاک گروپ
ضریب رواناب (C)		D
طول جریان (L) ، (L<150m)	متر	۴۵.۸۰
میل سطح زمین (S)	متر/ متر	۰.۰۴۰
زمان یک جا شدن جریانات مسطح	دقیقه	۶.۹۰
$T_0 = 0.275 \times L^{0.42} \times S^{-0.19} \times C^{-1}$		
جریان متمرکز شده کم عمق		
خصوصیات سطح (روسازی شده یا روسازی نشده)		روسازی نشده
طول جریان (L)	متر	۸۵۵.۶
میل حوضه آبریز	متر/ متر	۰.۰۲۰
زمان تمرکز	دقیقه	۲۵.۴
$T_c = L / (16.441 \times S^{0.5603} \times 60)$		
جریان کانال		
مساحت مقطع کانال (a)	متر مربع	۴.۱۰۲
محیط مرطوب شده (Pw)	متر	۶.۴۰۲
شعاع هایدرولیکی (R)	متر	۰.۰۶۴
میل کانال (S)	متر/ متر	۰.۰۲۰



۰.۰۱۵	-	ضریب زبری مانینگ (n)
		کانکریټ رویه صاف
۷.۰۲	متر بر ثانیه	سرعت کانال $V = (1/n) \times R^{2/3} \times S^{1/2}$
۲۱۰.۲۴	متر	طول کانال L
۰.۸	دقیقه	زمان تمرکز بارندگی در کانال $T_t = L / (60 \times V)$
۳۳.۲	دقیقه	مجموع زمان تمرکز حوزه آبی فرعی جوی کاربار T_c حاصل جمع زمان مرحله ۵، ۹ و ۱۷
۱۹.۹	دقیقه	زمان تاخیر حوزه فرعی $0.6 \times T_c$
جریان متمرکز شده کم عمق		
		خصوصیات سطح (روسازی شده یا روسازی نشده)
۷۶۲.۲۰	متر	طول جریان (L)
۰.۰۲۰	متر/متر	میل حوضه آبریز
۲۲.۶۸۸	دقیقه	زمان تمرکز $T_c = L / (16.441 \times S^{0.5603} \times 60)$
جریان کانال		
۴.۱۰۲	متر مربع	مساحت مقطع کانال (a)
۶.۴۰۲	متر	محیط مرطوب شده (P_w)
۰.۶۴۰	متر	شعاع هایدرولیکی (R)
۰.۰۲۰	متر/متر	میل کانال (S)
۰.۰۱۵	-	ضریب زبری مانینگ (n)
		کانکریټ رویه صاف
۷.۰۲۶	متر بر ثانیه	سرعت کانال $V = (1/n) \times R^{2/3} \times S^{1/2}$
۳۰۰.۸۸	متر	طول کانال L
۱.۱۸۶	دقیقه	زمان تمرکز بارندگی در کانال $T_t = L / (60 \times V)$
۳۱.۷	دقیقه	مجموع زمان تمرکز حوزه آبی فرعی جوی انجیل T_c حاصل جمع زمان مرحله ۵، ۹ و ۱۷
۱۹	دقیقه	زمان تاخیر حوزه فرعی $0.6 \times T_c$



عدد منحنی روانآب (Curve Number) یک عدد بدون واحد است که تابع عوامل محیطی مانند میل و پوشش سطح زمین است. این عدد در روش SCS قابل استفاده است تا میزان بارندگی که یک حوزه آبریز در زمان های مختلف می توان در خود نگه دارد را اندازه گیری کرد. میزان افزایش بارندگی نظر به مقدار عدد منحنی روانآب آن ساحه می باشد. (Garen, 2005) جدول مقادیر مختلف عدد منحنی روانآب (CN value) برای گروپ های مختلف هایدرولوجیکی خاک و کاربری های مختلف زمین را نشان می دهد.

جدول ۴: محاسبه عدد منحنی حوزه آبی فرعی جوی نو

گروپ خاک	نوع پوشش سطح و کاربری زمین	مساحت تحت پوشش کیلومتر مربع (A)	عدد منحنی (CN)	اوسط نفوذناپذیری (Imp%)	عدد منحنی مساحت X (AxCN)	اوسط نفوذناپذیری X مساحت (Imp%xA)
C	ساحات رهايشی با تراکم متوسط	۰.۷۷	۸۰	۲۵	۶۱.۶	۱۹.۲۵
B	ساحات باز	۵۱.۷۹	۶۹	-	۳۵۷۳.۵۱	۰
B	پارک و ساحات تفریحی	۲.۰۴	۶۹	-	۱۴۰.۷۶	۰
B	مکان های همگانی	۲	۹۱	-	۱۸۲	۰
C	ساحات رهايشی با تراکم نفوس کم	۱.۳	۹۰	۶۵	۱۱۷	۸۴.۵
C	ساحات رهايشی با تراکم نفوس بالا	۰.۳۸۵	۷۷	۱۲	۲۹.۶۴۵	۴.۶۲
مجموع			۵۸.۲۸۵		۴۱۰۴.۵۱۵	۱۰۸.۳۷

عدد منحنی (متوسط وزنی) = مجموع حاصل ضرب عدد منحنی در مساحت
÷ مجموع مساحت

۲ ۷۰



جدول ۵ : محاسبه عدد منحنی حوزه آبی فرعی جوی انجیل

گروپ خاک	نوع پوشش سطح و کاربری زمین	مساحت تحت پوشش کیلومتر مربع (A)	عدد منحنی (CN)	اوسط نفوذناپذیری (Imp%)	عدد منحنی X مساحت (AxCN)	اوسط نفوذناپذیری X مساحت (Imp%xA)
C	ساحات رهائشی با تراکم کم	۳.۸	۹۰	۶۵	۳۴۲	۲۴۷
C	ساحات رهائشی با تراکم نفوس بالا	۲.۴	۷۷	۱۲	۱۴۸.۸	۲۸.۸
B	ساحات تعلیمی	۱.۵۳	۸۵	-	۱۳۰.۰۵	۰
B	ساحات همگانی	۲	۹۱	-	۱۸۲	۰
B	ساحات رهائشی با تراکم نفوس متوسط	۴.۵	۸۰	۲۵	۳۶۰	۱۱۲.۵
C	ساحات زراعتی کشت نشده	۳۶.۵۷	۶۷	-	۲۵۴۰.۱۹	۰
مجموع		۵۰.۸			۳۶۴۰.۰۴	۳۸۸.۳

عدد منحنی (متوسط وزنی) = مجموع حاصل ضرب عدد منحنی
در مساحت ÷ مجموع مساحت

۷۲ ۸

جداول ۴ تا ۶ محاسبه عدد منحنی برای حوزه آبی فرعی (جوی نو ، جوی انجیل و جوی کاربار) در هرات را نشان می دهد. برای هر حوزه آبی فرعی میزان اوسط نفوذ ناپذیری خاک در هر ساحه نظر کاربری آن ساحه تعیین شده است. برای تعیین عدد منحنی هر ساحه ابتدا با استفاده از جداول موجود در ضمائم عدد منحنی را انتخاب می کنیم.



جدول ۶: محاسبه عدد منحنی حوزه آبی فرعی جوی کاربار

گروپ خاک	نوع پوشش سطح و کاربری زمین	مساحت تحت پوشش کیلومتر مربع (A)	عدد منحنی (CN)	اوسط نفوذناپذیری (Imp%)	عدد منحنی X مساحت (AxCN)	اوسط نفوذناپذیری X مساحت (Imp%xA)
C	ساحات رهايشی غیر شهري	۵.۴۴	۸۲	-	۴۴۶.۰۸	۰
C	ساحات رهايشی با تراکم نفوس متوسط	۱۶.۲۵	۸۰	۲۵	۱۳۰۰	۴۰۶.۲۵
B	ساحات زراعتی کشت نشده	۷.۹	۶۷	-	۵۲۹.۳	۰
C	ساحات رهايشی با تراکم نفوس بالا	۸.۵۵	۷۷	۱۲	۶۵۸.۳	۱۰۲.۶
B	پارک و تفریحگاه	۰.۴۷	۶۹	-	۳۲.۴۳	۰
C	مجتمع اداری	۰.۲۹	۹۴	۸۵۵	۲۷.۲۶	۲۶.۲۵
B	ساحات باز	۰.۱۳	۶۹	-	۸.۹۷	۰
B	ساحات تجاری	۰.۳۶	۹۲	۸۵	۳۳.۱۲	۳۰.۶
C	ساحات همگانی	۰.۲۴	۹۱	-	۲۱.۸۴	۰
مجموع		۳۹.۶۳			۳۰۵۷.۳۵	۵۶۴.۱
عدد منحنی (متوسط وزنی) = مجموع حاصل ضرب عدد منحنی در مساحت ÷ مجموع مساحت						
				۷۷	۱۴	

نتایج بدست آمده از تحلیل و شبیه سازی مدل در این نرم افزار هم به شکل گرافیکی و هم به شکل جداول قابل مشاهده می باشد. این نتایج که شامل گراف ها و جداول میزان رواناب درحوزه های آبی می باشد در اشکال ۵ و ۶ نمایش داده شده است.

Global Summary Results for Run "Run 1"

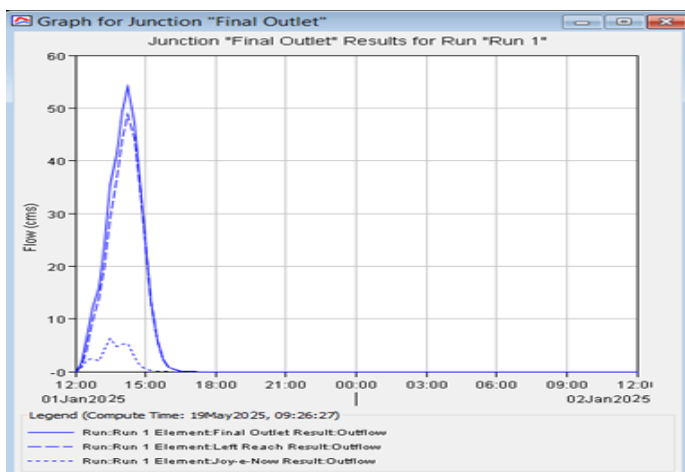
Project: Herat 1 Simulation Run: Run 1

Start of Run: 01Jan2025, 12:00 Basin Model: Basin 1
End of Run: 02Jan2025, 12:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 19May2025, 09:26:27 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (K42)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Joy-e-Enjl	50.8	23.0	01Jan2015, 13:30	2.28
Carbar	39.6	35.0	01Jan2015, 13:30	4.65
Outlet-1	90.4	58.0	01Jan2015, 13:30	3.32
Left Reach	90.4	48.7	01Jan2015, 14:15	3.32
Joy-e-Now	58.3	6.3	01Jan2015, 13:30	0.59
Final Outlet	148.7	54.1	01Jan2015, 14:15	2.25

شکل ۵. خلاصه نتایج خروجی در نرم افزار HEC-HMS



شکل ۶. نتایج گرافیکی خروجی نهایی در نرم افزار HEC-HMS



نتایج محاسبه مقادیر دیسچارج که در جداول آورده شده است در خروجی کانال های ثبت شده است که با تناوب زمانی که در یک باران دو ساعته مورد بررسی قرار گرفته است. در این مدل ها جریان پایه در نظر گرفته نشده ولی مقداری از جریان موجود در کانال ها از جریان پایه که از ذوب شدن برف ها تشکیل می شود نشأت گرفته است. بنا جریان مجموعی که در کانال بوجود خواهد آمد از مجموع جریان مستقیم رواناب و جریان پایه خواهد بود.

بحث و نتیجه گیری

در انجام پروژه های تحقیقاتی در زمینه مسائل مربوط به سیلاب عموماً به لحاظ نبود آمار و اطلاعات کافی و دقیق در حوزه های آبی، محققان بیشتر مجبور به تهیه مدل های تجربی و یا کالیبراسیون مدل های تجربی موجود با شرایط منطقه خود می باشند. با توجه به نبود مدل موجود و آمار نمی توان نتایج این تحقیق را با آنها مقایسه نمود. اما با توجه به نقش موثر کیفیت اطلاعات تهیه شده و صحت نتایج برآوردی از طریق مدل های به کار گرفته شده در این تحقیق به دلیل استفاده از قابلیت سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور تا حدی زیادی به واقعیت نزدیک است.

برآورد مقدار سیلاب حداکثر حوزه آبریز، بخش مهمی از مطالعات هیدرولوجی در ساماندهی کانال ها و دریاها است. در این ارتباط لازم است، دیسچارج اعظمی سیلاب و شکل هیدروگراف آن برای دوره های بازگشت مورد نظر مشخص باشد. انجام این کار مستلزم وجود آمار طولانی مدت و دستگاه (لیمینوگراف) در محل مورد نظر است. در مطالعه حاضر با مقایسه آمار موجود در ایستگاه های هیدرولوجیکی کافی نبوده لذا با استفاده از روش های مشاهده ای، مانند روش سرویس تحفظ خاک اقدام به برآورد میزان سیلاب در حوزه آبریز هرات شده است. ارتباط بین جئومورفولوجی و هیدرولوجی این امکان را فراهم می آورد تا در حوزه هایی که از نظر جئومورفولوجی تشابه وجود دارد با ایجاد روابط بین دو حوزه آبریز، برآورد آمار هیدرولوجی را در حوزه هایی که فاقد آمار هستند به دست آورد. با توجه به دقت مناسب روش SCS که از مشخصه های مختلف اقلیمی، زمین شناسی و فیزیوگرافی استفاده می کند، نتایج این روش به عنوان داده قابل اعتماد به شمار می آید.

یکی از عوامل مهم در این سافت ویر ضریب فروکش کردن سیلاب می باشد، این ضریب بیانگر رفتار هیدرولوجیکی و وضعیت مورفولوجی کانال در هنگام وقوع سیلاب است. تحلیل هیدروگراف سیل واقعی منطقه نشان می دهد که زمان فروکش کردن سیلاب در حوضه سه برابر زمان به اوج رسیدن سیلاب است و این بیانگر رفتار هیدرولوجی کانال ها می باشد که در هنگام سیلاب نمی تواند



در زمان مناسب سیلاب را از حوضه خارج کند. همچنان تا اکنون مطالعاتی مبنی بر میزان جریان پایه (base flow) که بر اثر جریان آبهای زیرزمینی در کانالهای موجود ایجاد می شود، انجام نشده که با مقایسه آن برآوردی دقیق تر از میزان جریانات سطحی صورت پذیرد. اگر از روشهای تقریبی جریان پایه را خواسته باشیم بدست بیاوریم باید مقدار بارندگی مستقیم را از کل دیسچارج عبوری کانال کم نماییم تا مقدار جریان پایه مشخص گردد. البته در کانالهای شهری قسمتی از پس آب شهری یا فاضلاب نیز در کانالها جریان دارد که محاسبه جریان پایه را با مشکل روبرو می کند.

فهرست منابع

1. Ahmadi, A. W. (2023). *A Perspective on the Water Resources of Harirud Marghab and Investigation of the Quality*. Konya: Social Science Research Network.
2. Garen, D. C. (2005). Curve Number Hydrology in Water Quality Modeling. *Journal of the American Water Resources Association*, 41.
3. Golam Monowar Kamal Raphy Favre (۲۰۰۴). *WATERSHED ATLAS OF AFGHANISTAN*. Kabul: FAO.
4. Hawkins, R. H. (2006). Runoff Curve Number Method: Examination of the Initial Abstraction Ratio. *World Water and Environmental Resources Congress*, 10.
5. U.S. Army Corps of Engineers (۲۰۱۶). *Engineering Regulation ER ۱۰۱-۲-۱۱۰۵: Risk Assessment for Flood Risk Management Studies*. USACE Publications.
6. U.S. Army Corps of Engineers (۲۰۲۰). *Flood Risk Management Program Overview*. USACE Civil Works.
7. U.S. Army Corps of Engineers (۲۰۲۱). *Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) User's Manual*. Hydrologic Engineering Center.
8. Vincent W. Baron, R. (2003). *Afghanistan an Overview of Groundwater Resources and Challenge*. kabul: Rana Associates, Inc.
۹. عادل، م.، & محمدی، ض. (۱۳۹۷). بررسی عملکرد روش SCS در برآورد سیلاب حوضه آبریز پسکوهک. مجله تحقیقات هیدرولوژی ایران.
۱۰. گلیان، س.، & پارسا، ا. (۱۳۹۸). ارزیابی مدل شماره منحنی SCS-CN در برآورد رواناب حوضه های آبریز استان گلستان. مجله تحقیقات منابع آب ایران.
۱۱. نساجی، م.، & مهدوی، م. (۱۴۰۰). بررسی دقت روش های مختلف شماره منحنی در برآورد دبی حداکثر سیل در البرز مرکزی. مجله علوم طبیعی ایران.