

ارزیابی خدمات اکوسیستم از منظر میزان تعدیل و نگهداشت سیلاب با استفاده از مدل InVEST

علی اکبر محمدی^{۱*}، عبدالله چم‌چم^۲، حسین احمدی^۳، مجتبی محمدی^۴

- ۱- دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری و پژوهشگر پسادکتری دانشگاه هرمزگان
- ۲- دانش‌آموخته کارشناس ارشد مدیریت و کنترل بیابان دانشگاه هرمزگان
- ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آبخیزداری دانشگاه هرمزگان
- ۴- استادیار گروه مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، مجتمع آموزش عالی سراوان، سراوان،
(Aliakbar.mohamadifar@yahoo.com*)

چکیده:

در مطالعه پیش‌رو با استفاده از مدل خدمات اکوسیستم InVEST نگهداشت رواناب در زیرحوزه‌های رودخانه خشک شیراز مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا با تهیه اطلاعات مربوط به کاربری و نفوذپذیری شماره منحنی محاسبه شد. سپس رواناب حوزه و تلفات به‌دست آمد. سپس با استفاده از مدل InVEST میزان حجم نگهداشت و ضریب نگهداشت رواناب محاسبه شد. نتایج نشان داد زیرحوزه کَلستان و باجگاه با دارا بودن حجم سیلاب ۱۶۹ و ۷۱ میلیون مترمکعب دارای بالاترین میزان حجم سیلاب می‌باشد که به علت مساحت بالای این دو می‌باشد. همچنین حوزه کَلستان با نگهداشت حدود ۶۳ میلیون مترمکعب بالاترین حجم نگهداشت سیلاب را به خود اختصاص داد. زیرحوزه‌های سعدی و کَلستان با ضریب نگهداشت رواناب ۰/۳۲ و ۰/۲۷ بالاترین نسبت نگهداشت رواناب نسبت به میزان بارش را دارد. در انتها تاثیر نوع کاربری بر روی نگهداشت سیلاب بررسی شد که نتایج نشان داد کاربری باغ و مرتع دارای ضریب نگهداشت بالاتری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تلفات، تعدیل سیلاب، حوزه رودخانه خشک شیراز، شماره منحنی، ضریب نگهداشت رواناب

۱-مقدمه

به دلیل تغییرات آب و هوایی، بارش‌های شدید به صورت متناوب باعث افزایش سیلاب‌ها از نظر فراوانی و حجم می‌شود (۱). تغییرات بارش تاثیر زیادی بر سیلاب‌ها در مناطق شهری خواهد گذاشت. خدمات اکوسیستمی تعدیل‌کننده سیلاب^۱ می‌تواند به عنوان یک اقدام برای کاهش سیلاب‌زایی عمل کند (۲). خدمات اکوسیستمی به عنوان رابطی بین اکوسیستم‌ها و جامعه تعریف می‌شوند که شامل مشارکت مستقیم یا غیرمستقیم عملکردهای اکوسیستم در بهبود زندگی انسان می‌باشد (۳). خدمات اکوسیستمی تعدیل‌کننده سیلاب به طور خاص، فرآیندها و عملکردهای اکوسیستمی هستند که آب را ذخیره می‌کنند و در نتیجه جریان سطحی را کاهش می‌دهند، که باعث حفاظت سرمایه‌های زندگی انسانی شده و به بهبود رفاه انسانی کمک می‌کنند (۴). تأمین خدمات اکوسیستمی

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آب‌خیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

مرتبط با تعدیل سیلاب شامل مشارکت اکوسیستم در کاهش خطر سیلاب است و اکوسیستم هنگامی که تقاضای اجتماعی برای کاهش سیلاب وجود داشته باشد، خدماتی ارائه می‌دهد. بنابراین، در ارزیابی خدمات اکوسیستم برای اثبات قابلیت عملکرد آنها در آینده، تغییرات آب و هوایی باید مد نظر قرار گیرد (۵). تغییرات نامتعادل در کاربری اراضی و پویایی‌های اجتماعی-اقتصادی به طور قابل توجهی بر ظرفیت اکوسیستم برای خودتنظیمی تأثیر گذاشته است (۶). سیلاب‌ها می‌توانند به دلیل چندین عامل مانند شهرنشینی، رشد جمعیت و تغییر کاربری اراضی ایجاد شوند. این فرآیندها بر چرخه آب و سامانه زهکش‌ها تأثیر می‌گذارند (۷) و بنابراین بر ظرفیت نفوذ، یعنی حداکثر نرخی که یک خاک مشخص در شرایط خاص می‌تواند بارش را جذب کند، تأثیر می‌گذارند. اگر تمام آب باران توسط زمین جذب شود، هیچ رواناب سطحی رخ نمی‌دهد (۸). به عبارت دیگر، اگر نرخ بارش بیش از نرخ نفوذ باشد، خاک اشباع می‌شود و آبی که جذب نشده است، منجر به رواناب سطحی می‌شود. ویژگی‌های خاص هر نوع خاک و پوشش زمین بر ظرفیت نفوذ و در نتیجه بر رواناب تأثیر دارد. بافت خاک همراه با پوشش گیاهی و فعالیت‌های انسانی از عوامل اصلی تعیین کننده نفوذ می‌باشند (۹). رویکرد خدمات اکوسیستمی می‌تواند برای آگاه‌سازی سیاست‌گذاران و مدیران استفاده شود (۱۰). خدمات اکوسیستمی از فرآیندهای اکولوژیک طبیعی و فعالیت‌های انسانی در طول زمان و مکان نشأت می‌گیرد (۱۱). مطالعات اخیر نشان داده‌اند که رابطه‌ای بین سیلاب، رشد جمعیت و شهرنشینی وجود دارد (۱۲، ۱۳). بنابراین، تحقیقات درباره تغییرات مکانی و زمانی چرخه هیدرولوژیکی در مناطق شهری، یکی از مهم‌ترین مسائل برای برنامه‌ریزی کاربری اراضی می‌باشد.

برای نظارت بر سیلاب‌ها که به عنوان تابعی از تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در مقیاس‌های مکانی و زمانی است، پژوهشگران عمدتاً از مدل‌های هیدرولوژیکی، داده‌های سنجش از دوری و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده می‌کنند. یک مدل نظارت بر سیلاب که اخیراً در مناطق شهری استفاده شده است، مدل تعدیل خطر سیلاب شهری از نرم‌افزار InVEST است (۱۴). Kadaverugu و همکاران از این مدل برای اندازه‌گیری خدمات تعدیل خطر سیلاب فضای سبز استفاده کردند و خسارت اقتصادی زیرساخت‌های ساختمانی در شهرستان حیدرآباد (هند) را تخمین زدند (۱۵). Quagliolo و همکاران از InVEST در منطقه ساحلی شهرستان لیگوریا (ایتالیا) برای برآورد مقدار رواناب ناشی از دو رویداد بارش حدی برای حوزه آبخیز مورد نظر استفاده کردند (۱۶).

حوزه رودخانه خشک شیراز به علت تعدد رودخانه‌های فصلی و زیرحوزه‌های آبریز و همچنین وجود ارتفاعات و از بین رفتن مراتع منطقه در سال‌های نه‌چندان دور و کمبود پوشش گیاهی و نیز، ساخت‌وسازهای وسیع و گسترده، از جمله حوزه‌های سیل‌خیز استان فارس و کشور است. رودخانه خشک و رودخانه چنار راهدار در شمال و جنوب شهر شیراز، مهم‌ترین مسیل‌های دفع آب‌های سطحی و سیلاب‌های ناشی از بارندگی در شهر شیرازند که نزدیک به ۷۷ درصد آب‌ها از رودخانه خشک به دریاچه مهارلو می‌ریزد.

با توجه به مطالب گفته‌شده در این تحقیق سعی بر آن است که با استفاده از مدل SCS نسبت به برآورد رواناب سالانه در حوزه رودخانه خشک اقدام گردد و در مرحله بعد با استفاده از مدل خدمات اکوسیستمی INVEST میزان کنترل سیلاب توسط حوزه محاسبه گردد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

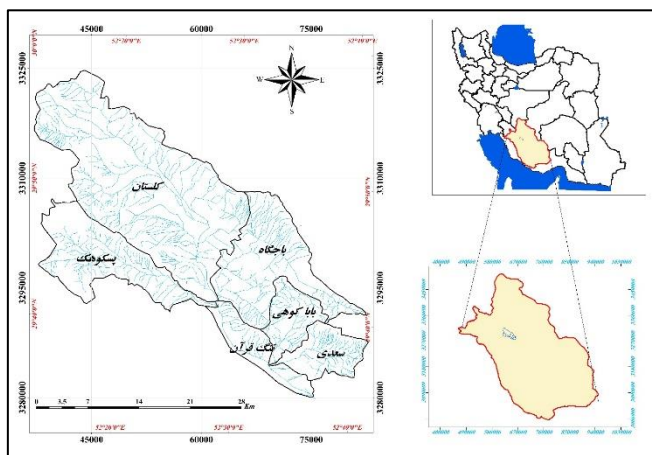
(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آب‌خیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق حوزه آبخیز رودخانه خشک می‌باشد. این حوزه از شمال به دشت‌های بیضاء و زرقان، از جنوب به شهر شیراز، از شرق به دریاچه مهارلو و از غرب به گردنه شول محدود می‌شود. تنها رودخانه این حوزه، رودخانه فصلی می‌باشد که در ماه‌های خشک سال فاقد جریان آب است. زیر حوزه‌های تغذیه‌کننده رودخانه خشک عبارتند از: کلستان، پسکوهک، باجگاه، تنگ قرآن، سعدی، باباکوهی و کفترک که مجموعاً شش زیرحوزه می‌باشند. به دلیل وسعت زیاد حوزه آبخیز رودخانه خشک شیراز تغییرات مقدار بارندگی در این حوزه زیاد است. میانگین بارندگی سالیانه در ایستگاه قلات ۶۱۷/۴ میلی‌متر، در ایستگاه کلستان ۵۴۴/۲ میلی‌متر، و در ایستگاه شیراز ۳۸۲/۷ میلی‌متر می‌باشد. سازندهایی که از اواخر دوران دوم زمین‌شناسی تا عصر حاضر در منطقه شیراز نهشته شده‌اند، شامل ساچون، جهرم، آهک‌های آسماری، رازک، سازند آجاجاری، کنگلومرای بختیاری و رسوبات ناپیوسته عهد حاضر می‌باشند. شکل ۱ موقعیت زیرحوزه‌های رودخانه خشک را در کشور و استان فارس نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت حوزه رودخانه خشک و زیرحوزه‌های آن

۲-۲- روش کار

در این تحقیق از مدل INVEST جهت محاسبه میزان نگهداشت رواناب استفاده شد، یعنی مقدار رواناب باقی مانده در هر پیکسل در مقایسه با حجم کل رواناب. در این مدل برای هر پیکسل که نوع کاربری زمین و ویژگی‌های خاک مشخص باشد، رواناب (mm) را با روش شماره منحنی^۲ تخمین زده می‌شود (۱۷).

$$Q_{p,i} = \begin{cases} \frac{(P - \lambda S_{maxi})^2}{P + (1 - \lambda) S_{maxi}} & \text{if } P > \lambda S_{maxi} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

در رابطه فوق P عمق بارش به میلی‌متر می‌باشد، S_{maxi} پتانسیل نگهداشت رواناب به میلی‌متر می‌باشد، و λS_{maxi} عمق بارش مورد نیاز برای شروع رواناب می‌باشد که جهت ساده‌سازی λ برابر با ۰/۲ گرفته می‌شود. S_{maxi} تابعی از شماره منحنی می‌باشد که تحت تاثیر کاربری و نفوذپذیری خاک می‌باشد.

² -Curve number

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آبخیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

$$S_{max,i} = \frac{25400}{CN_i} - 254 \quad (2)$$

سپس مدل میزان نگهداشت رواناب را با استفاده از رابطه ۳ محاسبه می‌کند:

$$R_i = 1 - \frac{Q_{P,i}}{P} \quad (3)$$

و در نهایت میزان حجم رواناب به ازای هر پیکسل توسط رابطه ۴ محاسبه می‌شود:

$$R_m3_i = R_i \cdot P \cdot A \cdot 10^{-3} \quad (4)$$

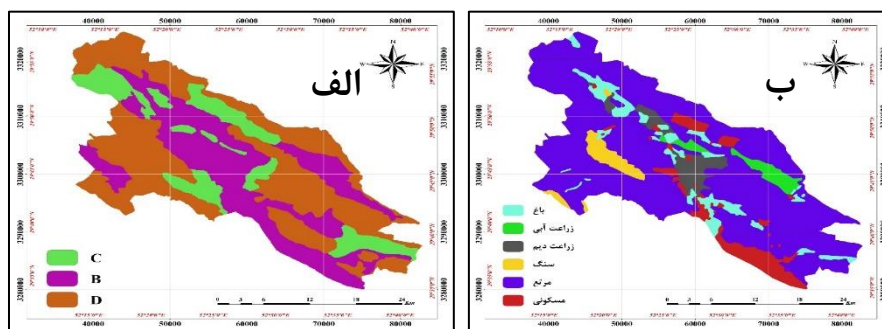
در رابطه فوق A مساحت پیکسل به متر مربع می‌باشد (۱۷).

با توجه به روابط مذکور اولین داده مورد نیاز داده‌های نفوذپذیری و بافت خاک می‌باشد که از روی آن بتوان گروه‌های هیدرولوژیکی خاک را به دست آورد. در این رابطه نقشه بافت خاک حوزه رودخانه خشک از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان فارس اخذ گردید و سپس بر اساس نوع بافت خاک نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک به دست آمد.

داده مورد نیاز بعدی نقشه رستری بارش می‌باشد که جهت این امر از داده‌های پروداکت TerraClimate استفاده شد و نقشه میانگین بارش سالانه به دست آمد (۱۸). داده مورد نیاز بعدی نقشه کاربری اراضی حوزه بود که این نقشه نیز از اداره منابع طبیعی استان فارس اخذ گردید. با تهیه داده‌های مورد نیاز مقادیر شماره منحنی برای هر کاربری و هر گروه هیدرولوژیکی محاسبه شد. با تکمیل داده‌ها مدل اجرا گردید و نتایج به دست آمد.

۳- نتایج

همان‌طور که در مرحله قبل گفته شد ابتدا توسط نقشه بافت خاک، نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک به دست آمد. نتیجه این قسمت در شکل ۲ الف آورده شده است. همچنین نقشه کاربری اراضی اخذ شده توسط تصاویر گوگل ارث به روزرسانی شد. نقشه کاربری نیز در شکل ۲ ب آورده شده است.



شکل ۲- نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک (الف) و کاربری اراضی (ب)

در ادامه با تلفیق دو نقشه شکل ۲ و با استفاده از جداول CN نقشه CN برای حالت رطوبت پیشین متوسط تهیه شد که نتیجه در شکل ۳ الف نمایان است. در مرحله بعد نیز با استفاده از بارش میانگین سالانه و نقشه شماره منحنی و رابطه (۲) میزان S_{max} بدست آمد که نتیجه در شکل ۳ ب آورده شده است.

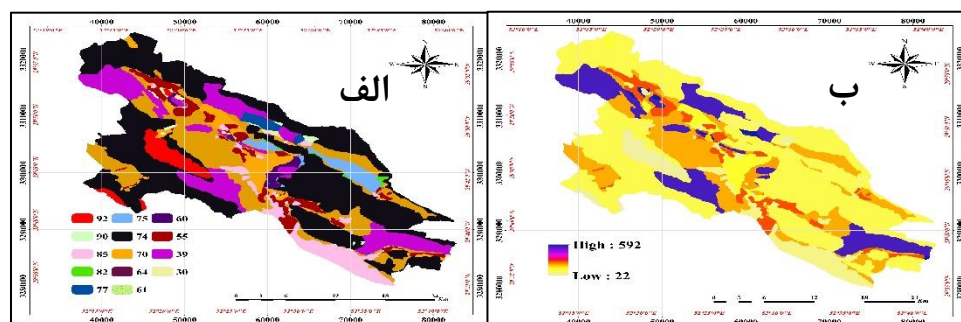
12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

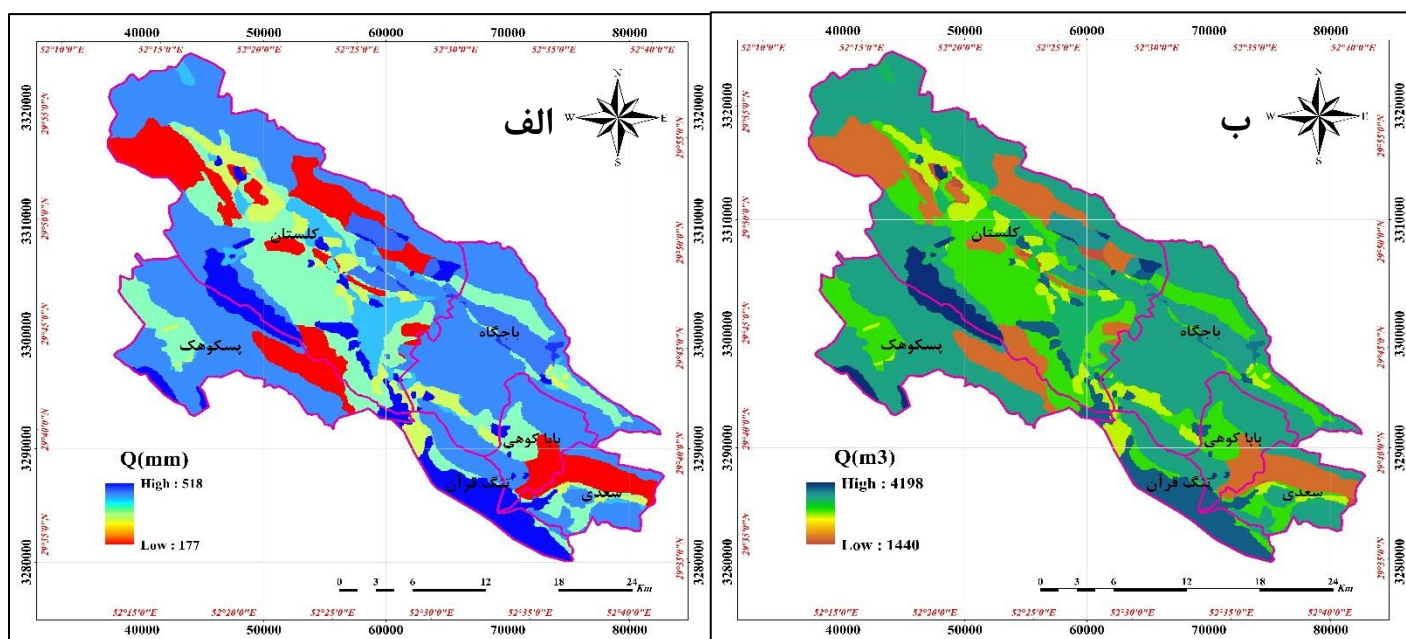
استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آبخیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲



شکل ۳- نقشه شماره منحنی (الف) و نقشه تلفات (ب)

بعد از انجام مراحل قبل، میزان عمق رواناب و حجم رواناب با استفاده از روابط ۴ و ۱ محاسبه شد که نتیجه در شکل شماره ۴ آورده شده است.



شکل ۴- نقشه عمق رواناب (الف) و حجم رواناب (ب)

بعد از محاسبه میزان رواناب با استفاده از روابط ۳ و ۴ میزان نگهداشت رواناب و نیز حجم نگهداشت رواناب توسط مدل INVEST محاسبه می‌شود که نتیجه در شکل ۵ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان نگهداشت رواناب در دو زیرحوزه کلستان

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

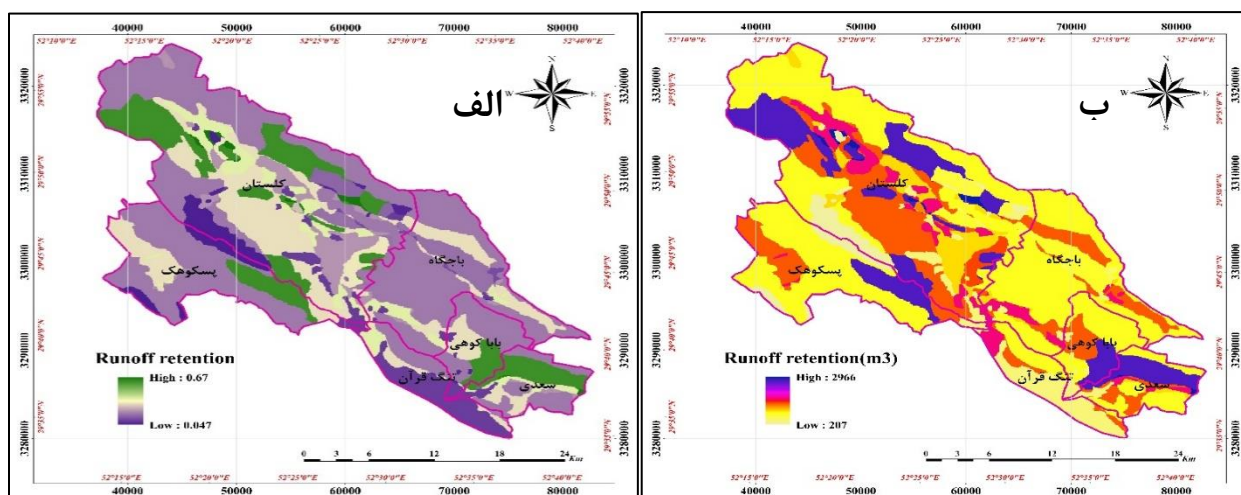
(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آبخیزهای ساحلی

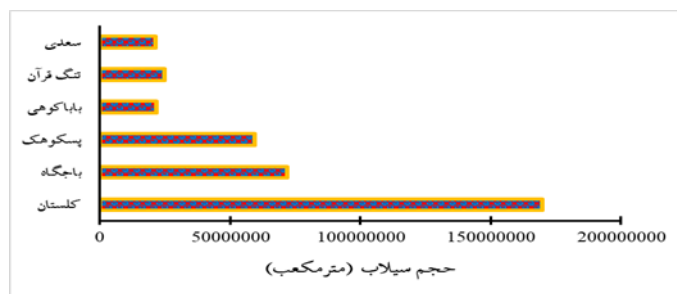
۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

و سعدی نسبت به سایر زیرحوزه‌ها بیش‌تر می‌باشد. همچنین میزان نگهداشت رواناب در حوزه‌های تنگ قرآن، باجگاه و پسکوه کم می‌باشد.



شکل ۵- نقشه نسبت نگهداشت رواناب نسبت به میزان بارش (الف) و نقشه حجم نگهداشت رواناب (ب)

در ادامه جهت مقایسه و بررسی بهتر نتایج اجرای مدل در هر زیرحوزه به صورت خلاصه در نمودارهای شکل ۶، ۷ و ۸ آورده شده است. شکل ۶ نشان‌دهنده حجم کل سیلاب در هر زیرحوزه می‌باشد. همان‌طور که قابل انتظار است دو زیرحوزه کلستان و باجگاه دارای میزان حجم زیادتری از سیلاب است. مقدار کل حجم سیلاب در زیرحوزه کلستان حدود ۱۶۹ میلیون مترمکعب می‌باشد و در زیرحوزه باجگاه این رقم در حدود ۷۱ میلیون مترمکعب می‌باشد. زیاد بودن حجم سیلاب در این دو زیرحوزه به علت مساحت زیادتر این دو زیرحوزه می‌باشد. در رتبه‌های بعدی دو زیرحوزه پسکوه و تنگ قرآن می‌باشد که به ترتیب دارای حدود ۵۹ میلیون مترمکعب و ۲۴ میلیون مترمکعب می‌باشد. در انتها نیز دو زیرحوزه باباکوهی و سعدی قرار دارد که هر دو دارای حدود ۲۱ میلیون مترمکعب می‌باشد. شایان ذکر است این میزان حجم سیلاب در اثر کل بارش سالانه می‌باشد.



شکل ۶- میزان حجم کل سیلاب (مترمکعب) در هر زیرحوزه



انجمن علمی سیستم‌های
سطوح آبگیر باران ایران

دوازدهمین همایش ملی
سامانه‌های سطوح آبگیر باران

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

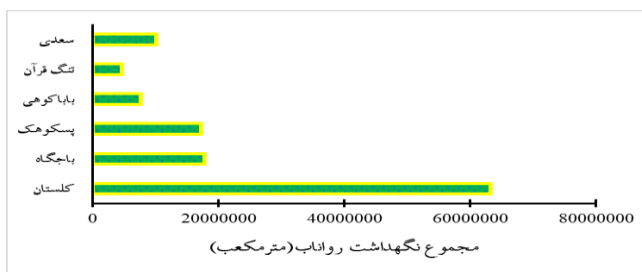
(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آبخیزهای ساحلی

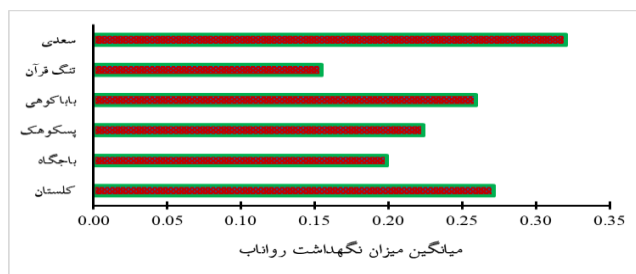
۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

نمودار شکل ۷ مجموع نگهداشت رواناب توسط خود اکوسیستم را در هر زیرحوزه نمایش می‌دهد. همان‌طور که قابل مشاهده است زیرحوزه کلستان با نگهداشت حدود ۶۳ میلیون مترمکعب دارای بیش‌ترین میزان نگهداشت رواناب می‌باشد. دو زیرحوزه باجگاه و پسکوهک با نگهداشت رواناب به میزان ۱۷ میلیون مترمکعب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. زیرحوزه‌های سعدی و تنگ قرآن هم در رتبه‌های انتهایی قرار دارند.



شکل ۷- مجموع نگهداشت رواناب (مترمکعب) در هر زیرحوزه

نمودار شکل ۸ نیز نشان‌دهنده نسبت میزان نگهداشت رواناب به بارش می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود زیرحوزه‌های سعدی، کلستان و باباکوهی با میزان نگهداشت رواناب ۰/۳۲، ۰/۲۷ و ۰/۲۶ در رتبه اول تا سوم قرار دارند. زیرحوزه‌های پسکوهک، باجگاه و تنگ قرآن با اعداد ۰/۲۲، ۰/۲۰ و ۰/۱۵ در رتبه‌های انتهایی قرار دارد.



شکل ۸- میانگین میزان نگهداشت رواناب در هر زیرحوزه

در ادامه جهت بررسی اثر هر کاربری بر نگهداشت رواناب، میانگین میزان نسبت نگهداشت رواناب در پیکسل‌های هر کلاس کاربری استخراج شد. نتیجه در جدول ۱ آورده شده است. همان‌طور که قابل مشاهده است کاربری باغ با ضریب ۰/۳۵ بالاترین نسبت نگهداشت رواناب را دارد. کاربری مرتع و زراعت دیم با اعداد ۰/۲۶ و ۰/۲۳ در رتبه‌های بعدی قرار دارد. دو کاربری مسکونی و رخنمون سنگی با اعداد ۰/۱۰ و ۰/۰۵ دارای کم‌ترین میزان نگهداشت رواناب می‌باشد. همان‌طور که مشخص قابل انتظار میزان پوشش گیاهی و نفوذپذیری عوامل اصلی تاثیرگذار بر میزان نگهداشت رواناب می‌باشد. کاربری باغ و مرتع به علت دارابودن پوشش گیاهی و نفوذپذیری بالا ظرفیت نگهداشت رواناب زیادتری را دارد. در حالی که مناطق مسکونی و رخنمون سنگی به علت وجود سطوح نفوذناپذیر قابلیت کمی در نگهداشت رواناب دارند.

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آب‌خیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

جدول ۱- میزان ضریب نگهداشت رواناب در کلاس‌های کاربری اراضی

کاربری	مساحت (هکتار)	میانگین ضریب نگهداشت رواناب
باغ	6338.57	0.35
مسکونی	6613.39	0.10
مرتع	67450.00	0.26
رخمون سنگی	2833.56	0.05
زراعت آبی	2616.42	0.16
زراعت دیم	4181.88	0.23

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق تلاش شد که با بهره‌گیری از مدل سیلاب InVEST به عنوان یک ابزار، برای بررسی و ارزیابی میزان نگهداشت رواناب که یک نوع خدمت اکوسیستمی می‌باشد، در حوزه رودخانه خشک انجام شود. جهت این امر ابتدا با استفاده از مدل SCS میزان رواناب کل و تلفات محاسبه شد و در مرحله بعد میزان نگهداشت رواناب در هر زیرحوزه توسط مدل محاسبه گردید. نتایج نشان داد که اصلی‌ترین عامل فیزیکی در بروز سیلاب مساحت می‌باشد، به همین علت زیرحوزه کلستان که دارای مساحت بالاتری می‌باشد دارای حجم سیلاب بیش‌تری نیز شد. این نتیجه با نتایج محققین زیادی از جمله Nicholson و همکاران (۲۰۱۲؛ ۱۹) و Sugianto و همکاران (۲۰۲۲؛ ۲۰) دارد. هم‌چنین نتایج این تحقیق نشان داد که دو عامل پوشش گیاهی و درصد مناطق نفوذناپذیر اصلی‌ترین عوامل موثر بر میزان نگهداشت رواناب می‌باشد که این نتیجه نیز با نتایج Quagliolo و همکاران (۲۰۲۱؛ ۱۶) مطابقت دارد. بطور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که مدل InVEST می‌تواند یک ابزار مفید برای برنامه‌ریزان شهری باشد تا استراتژی‌های مناسبی برای مقابله با رویدادهای سیلاب ناگهانی در مناطق مختلف تعریف کنند. این مدل میزان نگهداشت رواناب را به صورت پیکسلی در اختیار قرار می‌دهد که نمونه آن در سایر مدل‌ها مشاهده نمی‌شود. مزیت دیگر این مدل این است که نیاز به اطلاعات بسیار کمی نسبت به سایر مدل‌های مشابه مانند SWAT می‌باشد. به علت نبود داده هیدرومتری مناسب در حوزه رودخانه خشک امکان ارزیابی کامل در این مطالعه نبود بنابراین پیشنهاد می‌شود که این مطالعه در منطقه‌ای با داده‌های دبی مناسب انجام گردد و نتیجه آن به صورت کمی ارزیابی گردد. هم‌چنین نتایج مدل‌های مشابه همانند SWAT ، TOPMODEL و UFORE با نتایج این مدل مقایسه گردد.

۵- مراجع

- [1] Masson-Delmotte, V. P., Zhai, P., Pirani, S. L., Connors, C., Péan, S., Berger, N., ... & Scheel Monteiro, P. M. (2021). Ipcc, 2021: Summary for policymakers. in: Climate change 2021: The physical science basis. contribution of working group i to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.
- [2] MEa, M. E. A. (2005). Ecosystems and Human Well-Being: wetlands and water synthesis.

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

دوازدهمین همایش ملی
سامانه‌های سطوح آبگیر باران

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آبخیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

- [3] Wübbelmann, T., Bender, S., & Burkhard, B. (2021). Modelling flood regulation ecosystem services dynamics based on climate and land use information. *Landscape Online*, 88-88.
- [4] Burkhard, B., & Maes, J. (2017). Mapping ecosystem services. *Advanced books*, 1, e12837.
- [5] Joachim, M. A. E. S., Anne, T. E. L. L. E. R., Markus, E. R. H. A. R. D., Sophie, C. O. N. D. E., Sara, V. R., Ignacio, B. C. J., ... & Fernando, S. M. (2020). Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: An EU ecosystem assessment.
- [6] Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., ... & Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *nature*, 461(7263), 472-475.
- [7] Marino, D., Palmieri, M., Marucci, A., Soraci, M., Barone, A., & Pili, S. (2023). Linking Flood Risk Mitigation and Food Security: An Analysis of Land-Use Change in the Metropolitan Area of Rome. *Land*, 12(2), 366.
- [8] Horton, R. E. (1939). Analysis of runoff-plat experiments with varying infiltration-capacity. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 20(4), 693-711.
- [9] Mangala, O. S., Toppo, P., & Ghoshal, S. (2016). Study of infiltration capacity of different soils. *International Journal of Trend in Research and Development*, 3(2), 388-390.
- [10] Burkhard, B., Kroll, F., Müller, F., & Windhorst, W. (2009). Landscapes' capacities to provide ecosystem services-A concept for land-cover based assessments. *Landscape online*, 15-15.
- [11] Clark, C. (1987). Deforestation and floods. *Environmental Conservation*, 14(1), 67-69.
- [12] Unduche, F., Tolossa, H., Senbeta, D., & Zhu, E. (2018). Evaluation of four hydrological models for operational flood forecasting in a Canadian Prairie watershed. *Hydrological Sciences Journal*, 63(8), 1133-1149.
- [13] Barredo, J. I., & Engelen, G. (2010). Land use scenario modeling for flood risk mitigation. *Sustainability*, 2(5), 1327-1344.
- [14] Stewart, S. B., O'Grady, A. P., Mendham, D. S., Smith, G. S., & Smethurst, P. J. (2022). Digital Tools for Quantifying the Natural Capital Benefits of Agroforestry: A Review. *Land*, 11(10), 1668.
- [15] Kadaverugu, A., Nageshwar Rao, C., & Viswanadh, G. K. (2021). Quantification of flood mitigation services by urban green spaces using InVEST model: a case study of Hyderabad city, India. *Modeling earth systems and environment*, 7(1), 589-602.
- [16] Quagliolo, C., Comino, E., & Pezzoli, A. (2021). Experimental flash floods assessment through urban flood risk mitigation (UFRM) model: The case study of Ligurian coastal cities. *Frontiers in Water*, 3, 663378.

- [17] NRCS, U. (2004). Estimation of direct runoff from storm rainfall. National Engineering Handbook Part, 630.
- [18] Abatzoglou, J. T., Dobrowski, S. Z., Parks, S. A., & Hegewisch, K. C. (2018). TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958–2015. Scientific data, 5(1), 1-12.
- [19] Nicholson, A. R., Wilkinson, M. E., O'Donnell, G. M., & Quinn, P. F. (2012). Runoff attenuation features: a sustainable flood mitigation strategy in the Belford catchment, UK. Area, 44(4), 463-469.
- [20] Sugianto, S., Deli, A., Miswar, E., Rusdi, M., & Irham, M. (2022). The effect of land use and land cover changes on flood occurrence in Teunom Watershed, Aceh Jaya. Land, 11(8), 1271.

Evaluation of ecosystem services in terms of flood mitigation and retention using the InVEST model

Aliakbar Mohammadifar^{1*}, Abdollah chamcham², Hossein Ahmadi³, Mojtaba Mohamadi⁴

1. Ph.D. in Watershed Sciences and Engineering and Postdoctoral Researcher at the University of Hormozgan
2. MSc in Desert Management and Control at the University of Hormozgan
3. Master's student in Watershed Sciences and Engineering at the University of Hormozgan
4. Assistant Professor of Desert Management and Control, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Higher Education Complex of Saravan, Saravan, Iran.

* Aliakbar.mohamadifar@yahoo.com

Abstract

In the present study, using the InVEST ecosystem services model, the retention of runoff in the sub-basins of Shiraz Khoshk River was investigated. First, the curve number was calculated by preparing information about the landuse and permeability. Then the runoff and losses basin were obtained. Then, using the InVEST model, the retention volume and runoff retention coefficient were calculated. The results showed that the Kelestan and Bajgah sub-basins had the highest runoff volumes of 169 and 71 million cubic meters, respectively, due to their large areas. Additionally, the Kelestan sub-basin had the highest retention volume of approximately 63 million cubic meters. The Saadi and Kelestan sub-basins had the highest runoff retention ratios of 0.32 and 0.27, respectively, compared to the precipitation amount. Finally, the impact of landuse on runoff retention was examined, and the results showed that Garden and range landuse had higher retention coefficients

Key words: Losses, flood mitigation, Shiraz Khoshk river basin, curve number, runoff retention coefficient.