



پیش‌بینی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر خصوصیات جریان ماهانه با استفاده از مدل هیدرولوژیکی و داده‌های سنجش از دور در حوضه‌ی آبریز کوز تپراقی اردبیل

حسن خاوریان<sup>1</sup>، مریم آقائی<sup>2</sup>، رئوف مصطفی‌زاده<sup>3\*</sup>

1- استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

2- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

3- دانشیار گروه منابع طبیعی و عضو پژوهشکده‌ی مدیریت آب دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تأیید نهایی مقاله: 1399/07/21

وصول مقاله: 1398/10/03

## چکیده

هدف از این مطالعه مدل‌سازی رواناب ماهانه با استفاده از مدل Temez با در نظر گرفتن تأثیرات سناریوهای مختلف تغییر کاربری اراضی بر سیلاب در حوضه‌ی آبریز کوزه‌تپراقی استان اردبیل است. در این مطالعه از تصویر ماهواره‌ای لندست 8 سنجنده OLI/TIRS، مدل رقومی ارتفاعی (DEM)، داده‌های بارش، دما و دبی روزانه دوره‌ی 10 ساله (1381-1391) استفاده شد. طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از روش نظارت‌شده ماشین بردار پشتیبان انجام شد و ضریب کاپای 0/95 و صحت کلی 97/5 درصد بدست آمد. علاوه بر این، با توجه به وضعیت موجود کاربری‌های اراضی، مجاورت کاربری‌های اراضی و درصد شیب کاربری‌های اراضی در حوضه‌ی مورد مطالعه مورد مطالعه تعریف و تدوین شد. همچنین، نتایج حاصل از مدل‌سازی با استفاده از داده‌های دبی مشاهداتی ایستگاه هیدرومتری کوزه‌تپراقی واسنجی و اعتبارسنجی شد. مقدار ضریب تبیین برای مراحل واسنجی و اعتبارسنجی به ترتیب برابر با 0/77 و 0/65 بود. نتایج نشان‌دهنده‌ی این بود که اگر تغییرات کاربری‌های اراضی در حوضه‌ی مورد مطالعه در آینده براساس شرایط تدوین‌شده در سناریوهای احیاء کاربری اراضی 3 (احداث باغ در اراضی کشاورزی آبی)، 4 (احداث باغ در اراضی کشاورزی آبی و احیاء مراتع شخم‌خورده) و 5 (احداث باغ در مراتع شخم‌خورده و کم‌بازده) باشد، حجم رواناب به میزان 3/4، 3/3 و 4/1 درصد کاهش خواهد یافت. همچنین، اگر تغییرات کاربری اراضی براساس شرایط تدوین‌شده در سناریوهای تخریب کاربری اراضی در سناریوی 9 (تبدیل مراتع پرشیب به زراعت دیم) و 10 (تبدیل مراتع کم شیب به اراضی بدون پوشش) باشد، میزان رواناب ماهانه به میزان 15/24 و 4/5 درصد افزایش خواهد یافت.

**کلمات کلیدی:** احیاء اراضی، تخریب اراضی، خصوصیات جریان ماهانه، سناریوی تغییر کاربری اراضی، مدل Temez، حوضه‌ی آبریز، کوزه تپراقی اردبیل.

## 1- مقدمه

تغییر کاربری اراضی تأثیرات مهمی بر فرآیندهای هیدرولوژیکی و اکولوژیکی حوضه در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف دارد (بشارالدین<sup>1</sup> و همکاران، 2014: 1؛ گامیندوگا<sup>2</sup> و همکاران، 2018: 136). این تأثیر می‌تواند از طریق تقسیم بارش بین جریان بازگشت به اتمسفر به صورت تبخیر-تعرق و جریان سفره‌های آبی و رودخانه‌ها (آرکو<sup>3</sup> و همکاران، 2018: 85) و اثر بر آن در افزایش یا کاهش سیلاب باشد (کهنا<sup>4</sup> و همکاران، 2019: 47؛ شانگ<sup>5</sup> و همکاران، 2019: 1). از یک سو محققان بایستی مطالعات جامع‌تر و دقیق‌تری در زمینه‌ی پیش‌بینی تغییرات کاربری و تأثیرات آن بر بیلان آب حوضه‌ی آبریز انجام داده و از سوی دیگر مدیران محلی و منطقه‌ای بایستی نظارت دقیق‌تری بر تبدیل کاربری اراضی جهت کاهش وقوع سیل داشته باشند (هیاندی<sup>6</sup> و همکاران، 2018: 2). در این راستا، مهم‌ترین محدودیت مدل‌سازی ریاضی فرآیندهای هیدرولوژیکی و در نظر گرفتن تغییرات مکانی شرایط مرزی و خصوصیات فیزیکی حوضه‌ی آبریز، دسترسی به داده‌ها است. لذا، این مشکل با استخراج داده‌ها و اطلاعات مورد نظر از داده‌های سنجش از دور با قدرت تفکیک بالای زمانی و فضایی تا حدی برطرف شده است (راتزرت<sup>7</sup> و همکاران، 2018: 6005). علاوه بر این، دقت پیش‌بینی رواناب براساس تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی داده‌های گذشته تا حد زیادی بستگی به کیفیت داده‌های استفاده شده دارد (میشرا<sup>8</sup> و همکاران، 2018: 2369). در راستای ارزیابی پاسخ هیدرولوژی آبریز، مدل‌های هیدرولوژیکی متعددی براساس ویژگی‌های حوضه، داده‌های موجود و هدف مطالعه توسعه داده شده‌اند (سوپریا و کشناونی<sup>9</sup>، 2016: 44). این مدل‌ها را می‌توان به صورت مدل‌های مفهومی، متمرکز، تجربی، قطعی، توزیعی، نیمه‌توزیعی و مدل‌های عددی مبتنی بر فرآیند، تصادفی و سه‌بعدی دسته‌بندی کرد (وینتر و همکاران<sup>10</sup>، 2019: 539). از این میان، مدل‌های هیدرولوژیکی مفهومی و نیمه‌توزیعی ابزار مهمی برای بررسی و پیش‌بینی پتانسیل تأثیرات تغییرات کاربری اراضی بر هیدرولوژی هستند (آندراد آبهو همکاران<sup>11</sup>، 2019: 2). جهت پیش‌بینی سیلاب باید مدل بارش-رواناب توسعه داده شود تا جریان را برای دوره‌ی طولانی پیش‌بینی

1- Basarudin

2- Gumindoga

3- Arceo

4- Kohnova

5- Shang

6- Hyandy

7- Kratzert

8- Mishra et al.

9- Supriya & Krishnaveni

10- Winter et al

11- Andrade Abe et al.

کنیم (چانگ و چن<sup>۱</sup>، 2018؛ 2؛ یاداوو همکاران<sup>۲</sup>، 2019: 843). در همین راستا، جهت بررسی تأثیرات تغییر کاربری اراضی بر سیلاب مطالعات مختلفی صورت گرفته است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد، سامی و همکاران<sup>۳</sup> (2019) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیرات تغییر کاربری اراضی بر رواناب با استفاده از مدل SWAT در حوضه آبریز Chenar Randar در شیراز پرداختند. ایشان در مطالعه‌ی خود از داده‌های کاربری اراضی، خاک، توپوگرافی، مدل رقومی ارتفاعی و داده‌های روزانه هواشناسی استفاده کردند. نتایج حاصل از مطالعه‌ی ایشان نشان داد که کاهش 12 درصدی کشاورزی آبی، افزایش 108 درصدی نواحی شهری و کاهش 418 هکتاری مراتع موجب افزایش 10/61 درصد متوسط سالیانه رواناب شده است. سانیتلان و همکاران<sup>۴</sup> (2019) در مطالعه‌ای به آنالیز تأثیرات تغییر کاربری اراضی بر رفتار هیدرولوژیکی حوضه آبریز Agusan با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست OLI و TM و مدل HEC-HMS و HEC-RAS پرداختند. نتایج حاصل از مطالعه‌ی ایشان نشان داد که وسعت سیلاب، عمق سیلاب و تخلیه در فاصله‌ی زمانی 1995 تا 2018 افزایش یافته است. هم‌چنین، ایشان در مطالعه‌ی خود به این نتیجه رسیدند که تغییر کاربری اراضی تأثیر منفی بر رفتار هیدرولوژیکی حوضه آبریز Agusan دارد. علاوه بر این، گارج و همکاران<sup>۵</sup> (2019) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیرات تغییر کاربری اراضی بر هیدرولوژی با استفاده از داده‌های توپوگرافی، خاک، پوشش گیاهی و داده‌های هواشناسی و مدل هیدرولوژیکی VIC پرداختند. نتایج حاصل از مطالعه‌ی ایشان نشان داد که نواحی شهری 0/14 درصد و کاربری جنگل 0/7 درصد کاهش یافته است که این تغییرات کاربری اراضی موجب افزایش پتانسیل رواناب به میزان 45 درصد شده است. پونو و همکاران<sup>۶</sup> (2019) در مطالعه‌ای به بررسی واکنش هیدرولوژیکی حوضه آبریز به ازای سناریوهای مختلف تغییر کاربری اراضی پرداختند. نتایج حاصل از مطالعه‌ی ایشان نشان داد که به ازای سناریو توسعه‌ی اراضی کشاورزی و تبدیل جنگل به اراضی کشاورزی میزان رواناب شبیه‌سازی شده به میزان 10 درصد افزایش یافت. هم‌چنین، ایشان به این نتیجه رسیدند که با افزایش اراضی درختی و جنگل، میزان نفوذ بهبود پیدا کرده و متعاقباً میزان آب سطحی کاهش می‌یابد. در این راستا پیش‌بینی عواقب وقوع سیل در اثر تغییر کاربری و سناریوهای مختلف مدیریتی می‌تواند در کاهش اثرات این پدیده و مدیریت آن مؤثر باشد. اوناته والدویزو و همکاران<sup>۷</sup> (2016) در پژوهشی از مدل هیدرولوژیکی ماهانه Temez جهت پیش‌بینی رواناب ماهانه در 6 حوضه آبریز در جنوب اکوادور و پرو استفاده کردند. ایشان در

1- Chang &Chen

2- Yadav at al.,

3- Samie et al.,

4- Santillan et al.,

5- Garg et al.,

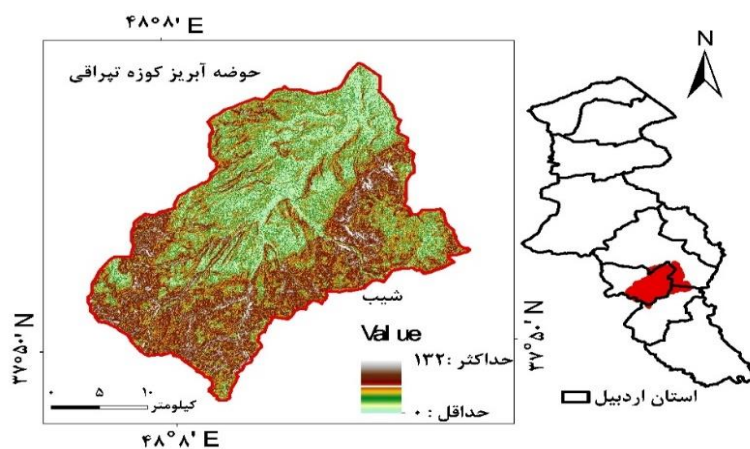
6- Puno et al.,

7- Onate-Valdivieso et al.,

مطالعه‌ی خود از داده‌های بارش و دمای 43 ایستگاه کليما تلوژی استفاده کردند. نتایج حاصل از مطالعه این پژوهشگران نشان‌دهنده‌ی دقت 0/63 درصدی مدل هیدرولوژیکی ماهانه Temez پیش‌بینی رواناب ماهانه است. با توجه به اینکه بررسی رواناب ماهانه در حوضه‌ی آبریز کوزه‌تپراقی انجام نگرفته، مدل هیدرولوژیکی ماهانه Temez جهت شبیه‌سازی رواناب ماهانه استفاده شد. هم‌چنین، بررسی تأثیرات مختلف تغییر کاربری‌های اراضی بر رواناب در حوضه‌ی مورد مطالعه انجام نشده است لذا، این مطالعه با هدف پیش‌بینی تأثیر سناریوهای مختلف تغییر کاربری اراضی بر سیل‌خیزی با استفاده از سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل هیدرولوژیکی برنامه‌ریزی شد.

## 2- مواد و روش

حوضه‌ی آبریز کوزه‌تپراقی در قسمت جنوبی شهرستان اردبیل و قسمت شمالی شهرستان کوثر با مساحت 812/5 کیلومتر مربع واقع شده است و بخش زیادی از شهرستان نیر را شامل می‌شود. ایستگاه هیدرومتری کوزه‌تپراقی در محدوده 01" و 28' و 48° طول جغرافیایی و 28" و 07' و 38° عرض جغرافیایی قرار دارد و ارتفاع خروجی حوضه 1384 متر از سطح دریاست. حداقل و حداکثر ارتفاع حوضه‌ی آبریز کوزه‌تپراقی به ترتیب برابر با 1384 و 2485 متر است. براساس آمار 40 ساله اقلیمی، میانگین بارندگی و دمای سالیانه در حوضه‌ی آبریز برابر با 300 میلی‌متر و 6/95 درجه سانتی‌گراد است. مناطق مسکونی حوضه آبریز کوزه‌تپراقی 65 روستا از جمله قلعه‌جوق، خان‌قشلاقی، جعفرلو، موران و شهر کورائیم را شامل می‌شود (علایی و همکاران، 1399). شکل (1) موقعیت محدوده‌ی مورد مطالعه و هم‌چنین موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده را نشان می‌دهد.



شکل (1): موقعیت جغرافیایی محدوده‌ی مورد مطالعه

Fig (1): The study area

جهت بررسی تأثیر سناریوهای مختلف تغییر کاربری اراضی بر سیلاب در حوضه آبریز کوزه تپراقی، نیاز به نقشه‌ی کاربری اراضی می‌باشد که در آن کلاس‌های کاربری اراضی مؤثر بر رواناب با دقت بالایی طبقه‌بندی شده باشند. در این مطالعه جهت تهیه نقشه‌ی تغییر کاربری اراضی تصویر ماهواره‌ای لندست 8 سنجنده OLI/TIRS مربوط به 2018/07/01 از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا با قدرت تفکیک 30 متر تهیه شد. لازم به ذکر است که تصاویر مربوط به فصل حداکثر رشد پوشش گیاهی بوده و فاقد ابر انتخاب شد. سپس برای افزایش قدرت تفکیک باند پانکروماتیک (15 متر) با باندهای چندطیفی (30 متر) فیوژن شد و دقت مکانی از 30 متر به 15 متر افزایش یافت. نقشه‌ی شیب، از مدل رقومی ارتفاعی منطقه با قدرت تفکیک مکانی 30 متر تهیه شد و به‌عنوان یک باند به باندهای تصویر اضافه شد تا در طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای علاوه بر اطلاعات طیفی تصویر از اطلاعات تغییرات توپوگرافی نیز استفاده شود. بعد از انجام تصحیحات (هندسی و اتمسفری) تصویر با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده ماشین بردار پشتیبان در 6 طبقه کاربری اراضی کشاورزی دیم، کشاورزی آبی، مرتع، اراضی درختی، سطوح آبی و مناطق مسکونی طبقه‌بندی شد. ماشین بردار پشتیبان توسط ویلادیمیروپنیک توسعه یافته و یک طبقه‌بندی باینری است (اپوستولیدیس-آفنتولیس و لیوفی<sup>1</sup>، 2015: 1). ماشین بردار پشتیبان از یک خط راست برای جداسازی داده‌ها جهت طبقه‌بندی و از نظریه یادگیری آماری استفاده می‌کند. اما در بعضی از مجموعه داده‌ها، تفکیک به‌وسیله‌ی یک خط راست امکان‌پذیر نیست. برای حل این مشکل تعدادی از کرنل‌ها ایجاد شده‌اند. کرنل داده‌ها را در فضای چندبعدی بالاتر تعریف می‌کند و در نتیجه داده‌ها راحت‌تر توسط خط راست تفکیک می‌شوند (پاوا و سینوار<sup>2</sup>، 2015: 533). علاوه بر این، جهت پیش‌بینی رواناب ماهانه در حوضه آبریز کوزه‌تپراقی از داده‌های بارش روزانه‌ی ایستگاه‌های کوزه‌تپراقی، شمس‌آباد و ساهپوش، داده‌های دبی روزانه ایستگاه کوزه‌تپراقی و داده‌های دمای روزانه‌ی ایستگاه ملاحمد استفاده شد.

## 2-1- تدوین سناریوهای مدیریتی

بعد از تهیه نقشه‌ی کاربری اراضی سال 2018 براساس تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبریز کوزه‌تپراقی در وضعیت موجود (2018)، 10 سناریوی مدیریتی (5 سناریوی مدیریتی تخریب و 5 سناریوی مدیریتی احیا) براساس شناخت از منطقه، درصد شیب، مجاورت با سایر کاربری‌ها و کاربری‌های اراضی مختلف در یک دوره‌ی 20 ساله در آینده تعریف شد (سعدالدین و همکاران، 2010). سناریوهای مدیریتی و قواعد تدوین آن در جدول (1) آمده است.

1- Apostolidis-afentoulis & Lioufi

2- Pahwa & Sinwar

جدول (1): سناریوهای مدیریتی پیش‌بینی شده یک دوره ی 20 ساله در آینده در آبریز کوزه‌تپراقی

**Table (1): Predicted management scenarios for a 20-year period in Koozhehtopraghi watershed**

سناریوی مدیریتی	عنوان فعالیت	قواعد تدوین و توضیحات
وضعیت موجود	کاربری اراضی موجود	سناریوی مبنا (وضعیت موجود)
سناریوی 1 (احیاء)	احیاء و تقویت مراتع کم‌شیب در اراضی دیم	اراضی دیم در شیب 12-20 درصد
سناریوی 2 (احیاء)	احیا مراتع شخم‌خورده	شیب بیش‌تر از 25 درصد دیم‌زارها، بافر 500 متری از مراتع
سناریوی 3 (احیاء)	احداث باغ در اراضی کشاورزی آبی	شیب کم‌تر از 20 درصد اراضی زراعی آبی، بافر 500 متری از اراضی درختی
سناریوی 4 (احیاء)	ترکیب سناریوهای 2 و 3	قواعد سناریوی 2 و 3
سناریوی 5 (احیاء)	احداث باغ (گردو، بادام و گل‌محمدی) در مراتع شخم‌خورده و کم‌بازده	شیب 12-20 درصد، در مراتع شخم‌خورده و دیم‌زار کم‌بازده
سناریوی 6 (تخریب)	تبدیل مراتع کم‌شیب به زراعت دیم	شیب 12-20 درصد اراضی مرتع، بافر 100 مترمجاور اراضی دیم
سناریوی 7 (تخریب)	تبدیل مراتع پرشیب به زراعت دیم	شیب 20-35 درصد اراضی مرتع، بافر 100 مترمجاور اراضی دیم
سناریوی 8 (تخریب)	تبدیل مراتع کم‌شیب به زراعت دیم	شیب 12-20 درصد اراضی مرتع، بافر 150 مترمجاور کشاورزی دیم
سناریوی 9 (تخریب)	تبدیل مراتع پرشیب به زراعت دیم	شیب 20-35 درصد اراضی مرتع، بافر 150 مترمجاور کشاورزی دیم
سناریوی 10 (تخریب)	تبدیل مراتع کم‌شیب به اراضی بدون پوشش	کاربری اراضی مرتع در شیب 12-20 درصد، بافر 100 متری از اراضی کشاورزی دیم

## 2-2- مدل‌سازی رواناب

جهت شبیه‌سازی رواناب با مدل هیدرولوژیکی ماهانه Temez از داده‌های بارش روزانه سه ایستگاه کوزه‌تپراقی، ساهپوش و شمس‌آباد، داده‌های دبی روزانه ایستگاه هیدرومتری کوزه‌تپراقی و داده‌های دمای روزانه ایستگاه ملاحمد مربوط به سال‌های 1381 تا 1391 استفاده شد. با استفاده از داده‌های دمای روزانه مقادیر پتانسیل تبخیر-تعرق روزانه براساس روش پیشنهادشده توسط مورتن و همکاران<sup>1</sup>، 1983: 18؛ ادین و همکاران<sup>2</sup>، 2005: 300، محاسبه شد و سپس مقادیر پتانسیل تبخیر تعرق ماهانه با استفاده از داده‌های دمای روزانه ایستگاه ملاحمد به دست آمد. باتوجه به اینکه مدل Temez رواناب را براساس داده‌های ماهانه

1- Morton et al.,

2- Oudin et al.,

شبیه‌سازی می‌کند، مجموع بارش ماهانه، متوسط دبی ماهانه و مجموع پتانسیل تبخیر-تعرق ماهانه با استفاده از داده‌های روزانه به‌دست آمد. مدل Temez نوعی ساده‌سازی مدل کلاسیک حوضه‌ی آبریز استانفورد است. در این مدل امکان تخمین تبخیر-تعرق واقعی، تغذیه‌ی آب زیرزمینی، رواناب سطحی و رواناب کل در حوضه آبریز با معادلات Temez فراهم شده است (آلوارز و همکاران<sup>۱</sup>، 2005: 16 و 17). پارامترهای مدل هیدرولوژیکی مورد استفاده شامل:  $V_i$ ، ضریب ذخیره آب زیرزمینی در آبخوان (هزار متر مکعب در ماه)؛  $H_i$ ، محتوای رطوبت خاک (میلی‌متر)؛  $\alpha$ ، ضریب فروکش جریان یا آب زیرزمینی؛  $I_{max}$ ، حداکثر ظرفیت نفوذ (میلی‌متر در ماه)؛  $H_{max}$ ، حداکثر ظرفیت رطوبت خاک (میلی‌متر) و  $C$  ضریب بی‌بعد است.

خروجی مدل Temez، رواناب در هر واحد از سطح حوضه است (ویرا و کنسیکائو کنها<sup>۲</sup>، 2017: 30). این مدل سیستم را به دو منطقه فوقانی یا غیراشباع (S) و منطقه‌ی پایینی یا اشباع‌شده (G)، تقسیم می‌کند. بارش (P) در حوضه شامل دو قسمت مازاد (T) و تبخیر-تعرق (ET) بوده که قسمت مازاد خود شامل دو قسمت رواناب سطحی (E) و نفوذ است (اوناته والدویزو و همکاران<sup>۳</sup>، 2016). بارش T به‌صورت رابطه‌ی (2) بیان می‌شود:

$$T_i = 0 \text{ اگر } P_i \leq P_0 \quad (1)$$

$$T_i = (P_i - P_0) / (P_i + \delta - 2P_0)^{-1} \text{ اگر } P_i > P_0 \quad (2)$$

که در آن:

$$\delta = H_{max} - H_{i-1} + EP_i \quad (3)$$

$$P_0 = C(H_{max} - H_{i-1}) \quad (4)$$

$P_i$  بارش در بازه زمانی بین لحظه  $i-1$  تا لحظه  $i$  (mm)،  $P_0$  آستانه رواناب (mm)،  $T_i$  مازاد در بازه‌ی زمانی بین لحظه  $i-1$  تا لحظه  $i$  (mm)،  $H_{max}$  حداکثر ظرفیت رطوبت خاک (mm)،  $H_{i-1}$  رطوبت خاک در لحظه  $i-1$  (mm)،  $EP_i$  پتانسیل تبخیر-تعرق در لحظه  $i$  به (mm) و  $C$  پارامتر مدل است (تمز، 1977؛ اوناته والدویزو و همکاران، 2016).

رطوبت خاک  $H_i$  براساس رابطه‌ی (5) محاسبه می‌شود:

1- Alvares et al.,  
2- Vieira & Conceição Cunha  
3- Onate-Valdivieso et al.,

$$H_i = \max(0, H_{i-1} + P_i - T_i, EP_i) \quad (5)$$

تبخیر-تعرق واقعی  $ER_i$  (mm) و براساس رابطه 6 محاسبه می شود:

$$ER_i = \min(H_{i-1} + P_i - T_i, EP_i) \quad (6)$$

مدل مقدار نفوذ ( $I_i$ ) را به صورت تابعی از مازاد ( $T_i$ ) و پارامتر حداکثر نفوذ ( $I_{max}$ )، در نظر می گیرد که در رابطه 7 بیان شده است.

$$I_i = I_{max} T_i (T_i + I_{max})^{-1} \quad (7)$$

$I_i$ ،  $T_i$  و  $I_{max}$  به میلی متر خواهند بود. نفوذ با مازاد افزایش می یابد تا به مقدار  $I_{max}$  برسد  $I_i$  باعث بالا آمدن سطح سفره ی آب زیرزمینی ( $R_i$ ) شده در حالی که، بارش اضافی ( $E_i = T_i - I_i$ ) تبدیل به رواناب سطحی خواهد شد. زهکشی آبخوان از رابطه ی (8) پیروی می کند.

$$Q_i = Q_{i-1} e^{-a.t} \quad (8)$$

که  $Q$  دبی در زمان  $i$ ،  $a$  ضریبی که به شرایط حوضه مورد مطالعه بستگی دارد و  $t$  فاصله ی زمانی بین  $i-1$  تا  $i$  است. رابطه ی بین دبی  $Q_i$  و حجم  $V_i$  در آبخوان برابر است با:

$$Q_i = aV_i \quad (9)$$

دبی آب نفوذی براساس رابطه ی (10) محاسبه می شود:

$$Q_i = Q_{i-1} e^{-at} + aR_i e^{-a/2} \quad (10)$$

که  $R_i$  دبی ورودی به آبخوان در فاصله ی زمانی بین  $i-1$  تا  $i$  است. سهم آب زیرزمینی  $A_{SUBi}$  در این فرآیند در طی بازه ی زمانی مورد نظر با استفاده از رابطه ی (11) محاسبه می شود:

$$A_{SUBi} = V_{i-1} - V_i + R_i t \quad (11)$$

سهم کل عوامل موثر در این فرآیند  $A_{Ti}$ ، به وسیله ی رابطه ی (12) به دست می آید (تمز، 1977؛ اوناته والدویزو و همکاران، 2016).

$$A_T = T_i - I_i + A_{SUBi} \quad (12)$$



ابتدا ضرایب برای هر کاربری اراضی موجود در منطقه که شامل کاربری‌های اراضی کشاورزی دیم، کشاورزی آبی، مرتع، اراضی درختی، مناطق مسکونی و سطوح آبی است انتخاب شد و سپس مساحت مربوط به هر کاربری اراضی در سناریو مبنا (2018) و سناریوهای احیا و تخریب کاربری اراضی استخراج شد و در نهایت با استفاده از مقادیر ضرایب و مساحت مربوط به هر کاربری میانگین وزنی برای هر ضریب و هر سناریو براساس مساحت و ضریب هر کاربری اراضی به دست آمده و در معادله مدل Temez قرار داده شد. در محاسبه‌ی میانگین وزنی ضرایب برای هر یک از کاربری‌ها علاوه بر ضرایب، مساحت هر یک از کاربری‌های اراضی در وضعیت موجود (2018) و سناریوهای احیا و تخریب کاربری اراضی نیز مورد نیاز است. مقادیر انتخاب‌شده پارامترهای مدل Temez برای کاربری‌های اراضی مختلف براساس پیشنهاد محققان مختلف در جدول (2) آمده است.

جدول (2): ضرایب به دست آمده برای کاربری‌های اراضی براساس مطالعات مختلف

Table (2): Coefficient obtained for land uses based on different studies

V0	H0	Hmax	C	Alpha	I <sub>max</sub>	کاربری
80	5	170	0/55	0/15	110	کشاورزی دیم
90	8	200	0/45	0/35	130	کشاورزی آبی
120	15	280	0/18	0/95	170	اراضی درختی
20	2	50	0/95	0/10	20	مسکونی
100	10	170	0/10	0/75	150	سطوح آبی
110	10	230	0/35	0/75	160	مرتع
<p>منبع: لارگون و همکاران، 2018؛ 2 و 5، همکاران، 2017؛ سوریاپوتر و همکاران، 2017؛ 6 و 5، آکنوی و همکاران، 2019؛ سوریاپوتر و همکاران، 2017؛ 5 و 6، موترجا، 1990؛ سویرامانیا؛ 1991 ASCE و 1969 ، wfcp جین 1993: 437، 438 و 439</p>						

### 2-3- واسنجی و اعتبارسنجی

در فرآیند واسنجی، با برآورد پارامترهای مدل خطاهای بین نتایج شبیه‌سازی شده و مشاهده‌شده به حداقل می‌رسد (پینگ‌ژی و همکاران<sup>۱</sup>، 2018: 5008) و در مرحله‌ی اعتبارسنجی دقت مدل واسنجی‌شده براساس داده‌های جداگانه بررسی می‌شود (مصطفی‌زاده و همکاران، 2017). در این مطالعه داده‌ها بر حسب طول دوره‌ی آماری 10 ساله موجود (1381-1391) برای واسنجی و اعتبارسنجی مدل مذکور به دو دسته تقسیم شد. به‌طوری که از داده‌های 6 سال اول (1381-1387) برای واسنجی و از داده‌های 4 سال دوم (1388-1391) برای اعتبارسنجی مدل استفاده شد. دلیل طول بیشتر دوره‌ی واسنجی، امکان دستیابی به پارامترهای بهینه مدل بوده است (طیب و همکاران<sup>۲</sup>، 2012: 230، جو و همکاران<sup>۳</sup>، 2012: 10 و 11). اعتبارسنجی مدل با استفاده از مقادیر به‌دست آمده برای پارامترها در مرحله‌ی واسنجی مدل انجام گرفت و نتایج به‌دست آمده به وسیله‌ی مدل با استفاده از شاخص اعتبارسنجی  $R^2$  مورد ارزیابی قرار گرفت. کمیت  $R^2$  یا ضریب تبیین (رودریگز و نیکواندر<sup>۴</sup>، 1988: 65؛ لاگاتس و مک‌کب<sup>۵</sup>، 1999: 233). مربع همبستگی گشتاوری پیرسون است و نسبت واریانس کلی داده‌های مشاهده‌شده را توضیح می‌دهد که می‌توان آن‌ها را با مدل توضیح داد. محدوده‌ی مقادیر این ضریب بین 0 تا 1 است (لاگاتس و مک‌کب، 1999: 233). که 0 به معنی عدم وجود همبستگی بین داده‌های شبیه‌سازی و مشاهده‌شده است در حالی که 1 به معنای اینست که شبیه‌سازی انجام‌شده برابر با مقدار مشاهده‌شده است (فکی و همکاران<sup>۶</sup>، 2018: 8). رابطه‌ی ضریب تبیین به‌صورت زیر است:

$$R^2 = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n [(Q_{Obs} - \bar{Q}_{Obs})(Q_{Sim} - \bar{Q}_{Sim})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_{Obs} - \bar{Q}_{Obs})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_{Sim} - \bar{Q}_{Sim})^2}} \right]^2 \quad (13)$$

که در آن  $Q_{Obs}$ : دبی مشاهداتی،  $Q_{Sim}$ : دبی شبیه‌سازی شده،  $\bar{Q}_{Obs}$ : میانگین دبی مشاهداتی و  $\bar{Q}_{Sim}$ : میانگین دبی شبیه‌سازی شده است. در راستای محاسبه‌ی مقادیر پارامترهای مدل، میانگین وزنی ضرایب مدل Temez با استفاده از مساحت و مقادیر مربوط به ضرایب مدل برای هر کاربری محاسبه شد و نتایج آن در

1- Ping Xie et al.,

2- Tayyab et al.,

3- Joo et al.,

4- Rodgers & Nicewander

5- Legates & McCabe

6- Feki

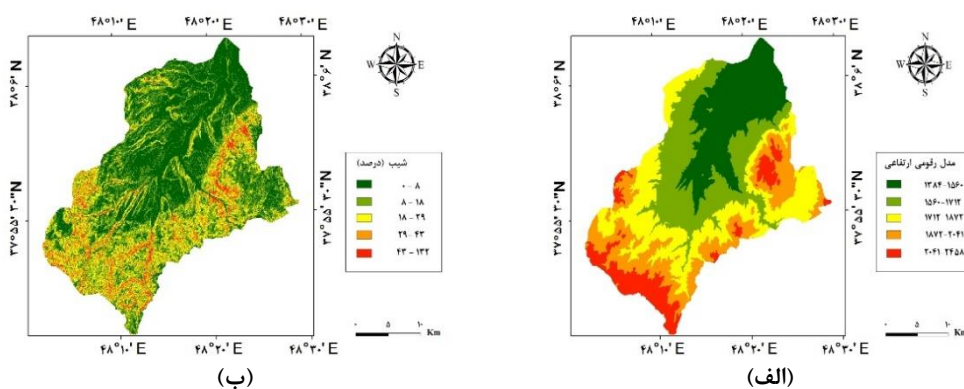
فرمول مدل تمز جاگذاری و واسنجی مدل با استفاده از داده‌های دبی ماهانه ایستگاه هیدرومتری کوزه‌تپراقی (مشاهده‌شده) بر اساس شاخص  $R^2$  انجام شد.

### 3- یافته‌ها و بحث

در این مطالعه برای طبقه‌بندی کاربری‌های اراضی حوضه‌ی آبریز کوزه‌تپراقی از روش ماشین بردار پشتیبان استفاده شد. براساس ماتریس خطای حاصل از طبقه‌بندی ضریب کاپای 0/95 و صحت کلی 97/5 به‌دست آمد. اطلاعات مربوط به ارتفاع متوسط، شیب متوسط، جهت شیب غالب کلاس‌های کاربری اراضی در حوضه‌ی آبریز کوزه‌تپراقی در جدول (3) آمده است. همچنین، نقشه‌ی مدل رقومی ارتفاعی و شیب کاربری‌های اراضی حوضه‌ی آبریز مورد مطالعه در شکل (2) ارائه شده است.

جدول (3): مشخصات ارتفاع متوسط، شیب متوسط و جهت شیب غالب کاربری‌های اراضی حوضه‌ی آبریز کوزه‌تپراقی  
Table (3): Characteristics of mean elevation, slope and aspect of land uses in Koozehtopraghi watershed

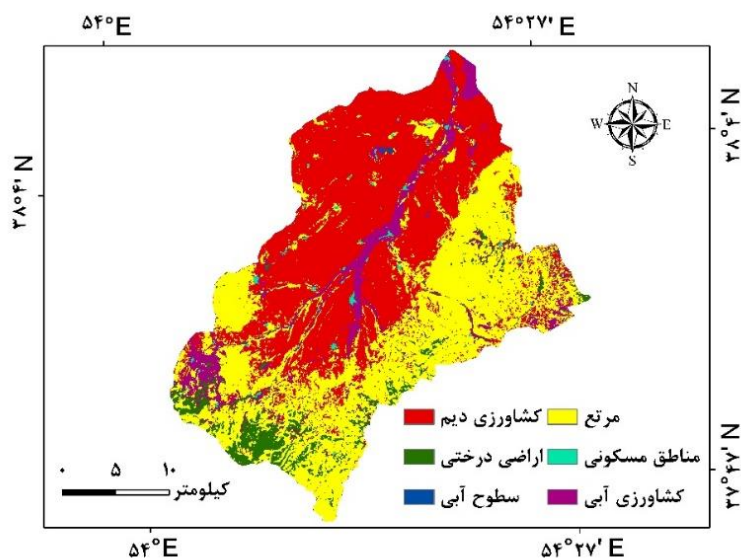
کاربری اراضی	ارتفاع متوسط (متر)	شیب متوسط (درصد)	جهت شیب غالب
کشاورزی دیم	1623	13	جنوبی
اراضی درختی	2226	24	جنوب شرقی
سطوح آبی	1447	5	جنوب شرقی
مرتع	1950	30	جنوب غربی
مناطق مسکونی	1696	7	جنوبی-جنوب غربی
کشاورزی آبی	1466	6	جنوب شرقی



شکل (2): نقشه‌ی طبقات ارتفاعی (الف) و طبقات شیب (ب) حوضه‌ی آبریز کوزه‌تپراقی  
Fig (2): Elevation (A), Slope (B) classes in Koozehtopraghi watershed

نقشه‌ی طبقه‌بندی سال 2018 به روش ماشین بردار پشتیبان در شکل (3) نشان داده شده است.

علاوه بر وضعیت موجود (2018) کاربری اراضی، سناریوهای احیاء و تخریب کاربری‌های اراضی براساس وضعیت موجود منطقه برای سال‌های آتی تعریف شد و علاوه بر وضعیت کاربری‌های اراضی در سال 2018، سناریوهای مختلف احیاء و تخریب تغییرات کاربری اراضی نیز استخراج شد تا تأثیر سناریوهای مختلف تغییر کاربری اراضی بر سیلاب در حوضه‌ی آبریز کوزه‌تپراقی با استفاده از مدل هیدرولوژیکی ماهانه Temez مورد پیش‌بینی و بررسی قرار گیرد. در این مطالعه سناریوهای احیاء و تخریب تغییر کاربری اراضی در حوضه‌ی مورد مطالعه با تأکید بر کاربری‌های اراضی کشاورزی دیم و آبی، اراضی درختی و مراتع تدوین و تعریف شد. به این صورت که سناریوهای احیاء کاربری اراضی براساس افزایش کاربری اراضی مرتع و اراضی درختی و کاهش اراضی کشاورزی تدوین شد. در تدوین سناریوهای احیاء کاربری اراضی هدف، کاهش سیلاب از طریق افزایش نفوذپذیری اراضی، کاهش سرعت رواناب، کاهش حجم و ارتفاع رواناب بود. علاوه بر این، سناریوهای تخریب کاربری اراضی نیز با احتمال افزایش کشاورزی دیم و کاهش اراضی درختی و مراتع در حوزه تدوین شد. سناریوهای تخریب کاربری اراضی از طریق افزایش شدت و حجم سیلاب از طریق کاهش نفوذپذیری خاک، افزایش سرعت رواناب و افزایش ارتفاع رواناب می‌شود. در حوضه‌ی آبریز کوزه‌تپراقی کاربری کشاورزی دیم 44/9 درصد و کشاورزی آبی نیز 8 درصد از کل مساحت را شامل می‌شود. هم‌چنین مراتع نیز 40 درصد از مساحت حوضه‌ی آبریز مورد مطالعه را شامل می‌شود. در کل اراضی کشاورزی دیم، کشاورزی آبی و مراتع بخش وسیعی از حوضه‌ی مورد مطالعه را در بر می‌گیرد که لزوم تدوین و تعریف احتمالات تغییر این کاربری‌ها در آینده را ضروری می‌سازد. در حوضه‌ی مورد مطالعه همه وضعیت‌های ممکن در نظر گرفته شد و همه عواملی که می‌تواند در تغییرات کاربری‌های اراضی در آینده تأثیرگذار باشند مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است که در اغلب مطالعات سناریوهای مدیریتی، تنها از عامل شیب یا مدل رقومی ارتفاعی در تعریف سناریوهای تغییر کاربری اراضی استفاده شده است در حالی که در این مطالعه علاوه بر شیب، عوامل حریم از کاربری‌ها و مجاورت کاربری‌ها نیز در نظر گرفته شد. هم‌چنین، در بعضی از مطالعات نیز عامل خاک و رطوبت خاک نیز در تعریف سناریوها در نظر گرفته شده است که در مطالعه حاضر این عامل در مرحله‌ی مدل‌سازی رواناب به‌عنوان ضرایب ورودی مدل استفاده شد. مساحت مربوط به هر یک از کاربری‌ها در سناریوهای مختلف در جدول (4) و میانگین وزنی به‌دست آمده ضرایب مدل با استفاده از مساحت و ضرایب مربوط به هر کاربری اراضی محاسبه شد که مقادیر آن در جدول (5) آمده است.



شکل (3): نقشه‌ی طبقه‌بندی کاربری اراضی حوضه‌ی آبریز کوزه‌تپراقی سال 2018 به روش ماشین بردار پشتیبان  
Fig (3): Land use map of Koozeh Topraghi watershed for 2018 with SVM method

جدول (4): مساحت هر یک از کاربری‌های اراضی در سناریوهای مختلف مدیریتی در حوضه آبریز کوزه‌تپراقی (km<sup>2</sup>)

Table (4): The area of land uses in deferent land use scenarios in Kouzeh Topraghi

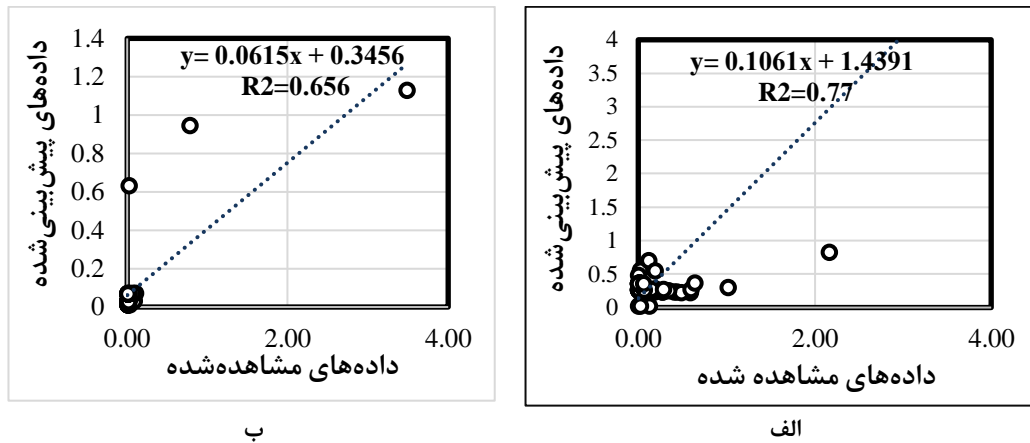
کاربری اراضی	کشاورزی دیم	اراضی درختی	سطوح آبی	مرتع	مناطق مسکونی	کشاورزی آبی	اراضی بدون پوشش
سناریو مبنا	365	46	0/92	329	4	67	-
سناریو 1	314	46	0/92	379	4	67	-
سناریو 2	360	46	0/92	329	4	67	-
سناریو 3	364	84	0/92	328	4	30	-
سناریو 4	358	84	0/92	334	4	30	-
سناریو 5	316	95	0/92	328	4	67	-
سناریو 6	410	46	0/92	284	4	67	-
سناریو 7	426	46	0/92	267	4	67	-
سناریو 8	420	46	0/92	274	4	67	-
سناریو 9	365	46	0/92	267	4	67	-
سناریو 10	364	46	0/92	284	4	67	45

جدول (5): مقادیر میانگین وزنی به دست آمده ضرایب مدل هیدرولوژیکی براساس کاربری های موجود در حوضه آبریز کوزه تپراقی

**Table (5):** The weighted mean obtained values for hydrologic model of available land uses in Koozeh topraghi watershed

V0	H0	Alpha	Imax	Hmax	C	سناریوها
3/72	7/6	0/004	133	101	0/45	سناریو مبنا
4/14	8/2	0/005	138/5	106/5	0/43	سناریو 1
3/99	7/8	0/005	134/9	103/7	0/43	سناریو 2
4/29	8/1	0/005	137/3	108/3	0/43	سناریو 3
4/31	8/2	0/005	137/6	108/6	0/42	سناریو 4
4/32	8/5	0/005	139	110/7	0/42	سناریو 5
3/91	7/6	0/004	132/8	101/9	0/45	سناریو 6
3/86	7/5	0/004	131/6	100/9	0/46	سناریو 7
3/88	7/5	0/004	132/2	101/4	0/46	سناریو 8
3/63	7/1	0/004	123/3	94/9	0/41	سناریو 9
3/63	7/1	0/003	126/5	94/9	0/42	سناریو 10

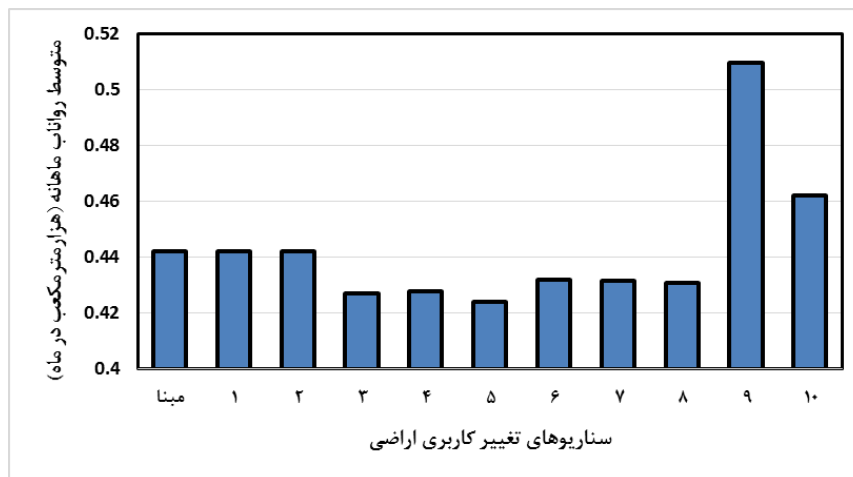
مدل سازی هیدرولوژیکی در دو مرحله واسنجی و اعتبارسنجی انجام می شود. در مرحله ی واسنجی مدل رواناب ماهانه Temez براساس نتایج حاصل از شکل (4) مقدار ضریب  $R^2$  در مرحله ی واسنجی برابر با 0/77 و در مرحله اعتبارسنجی مدل مقدار این کمیت 0/65 به دست آمد که نشان دهنده ی دقت قابل قبول مدل در شبیه سازی رواناب ماهانه در حوضه ی آبریز کوزه تپراقی است. در این خصوص به نظر می رسد که وسعت منطقه ی مورد مطالعه و نیز عدم وجود ایستگاه های باران سنجی با پراکنش مناسب، یکی از دلایل بروز خطا در نتایج مدل باشد، قابل ذکر است که بخشی از داده های مورد نیاز مدل مانند پارامترهای مرتبط با نفوذ در منطقه نیازمند داده های میدانی دقیق است که با توجه به وسعت منطقه و نیز هزینه اندک در اختیار برای پایان نامه، سعی شده است از داده های خاک موجود و نیز جداول استاندارد برای تعیین این پارامترها استفاده شود. مقدار ضریب به دست آمده با مقادیر به دست آمده در سایر مطالعات مشابه همخوانی دارد (اناته والدویزو و همکاران، 2016: 962). مقدار ضریب تبیین، بیان کننده ی نزدیک تر بودن مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده به یکدیگر و دقیق تر بودن جوابها در هر مرحله است. همچنین، نتایج حاصل از ضریب تبیین نشان می دهد که شبیه سازی در دوره ی اعتبارسنجی دارای دقت کمتری نسبت به دوره ی واسنجی است.



شکل (4): همبستگی داده‌های رواناب مشاهده‌شده و پیش‌بینی‌شده مدل در مرحله الف) واسنجی و ب) اعتبارسنجی در ایستگاه کوزه‌تیراقی

Fig (4): Correlation of observation and prediction runoff data in (A) validation and (B) calibration steps

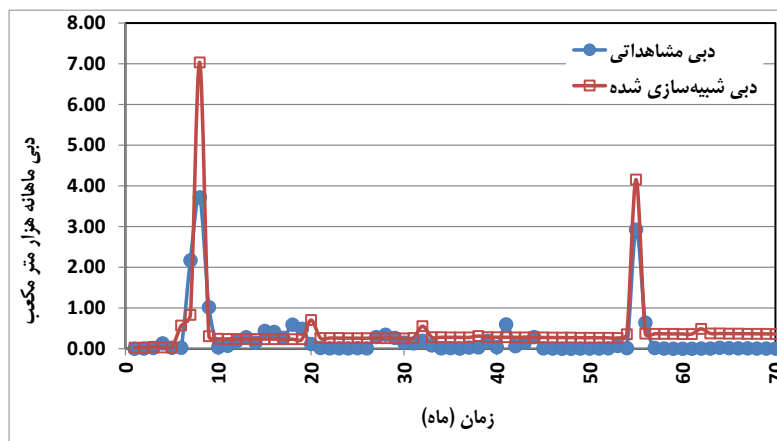
اثر سناریوهای مختلف تغییر کاربری اراضی بر مقدار رواناب در شکل (5) نشان داده شده است.



شکل (5): متوسط رواناب ماهانه براساس پیش‌بینی مدل هیدرولوژیکی ماهانه Temez به‌ازای سناریوهای مختلف تغییر کاربری  
Fig (5): The average of monthly simulated runoff by the Temez hydrologic model for different land use scenarios

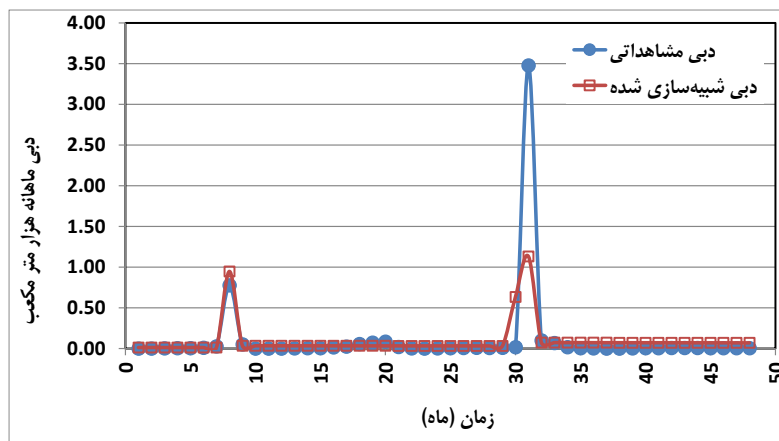
در شکل (5)، شبیه‌سازی بر اساس وضعیت مبنا و داده‌های هواشناسی پایه و کاربری اراضی موجود در سال 2018 انجام شده است و برای سایر سناریوها، داده‌های هواشناسی ثابت بوده و فقط ضرایب مربوط به

کاربری های اراضی براساس سناریوهای تغییر کاربری اراضی تغییر داده شده است. هیدروگراف رواناب (واقعی و پیش بینی شده) در مراحل واسنجی و اعتبارسنجی در شکل های (6) و (7) آمده است.



شکل (6): مقادیر دبی ثبت شده و شبیه سازی شده در مرحله ی واسنجی

Fig (6): The values of predicted and observed in calibration step



شکل (7): مقادیر دبی ثبت شده و شبیه سازی شده در مرحله ی اعتبارسنجی

Fig (7): The values of predicted and observed in validation step

سناریوهای 3 (احداث باغ در اراضی کشاورزی آبی)، سناریو 4 (احداث باغ در اراضی کشاورزی آبی و احیا مراتع شخم خورده) و سناریو 5 (احداث باغ در مراتع شخم خورده و کم بازده) جزو سناریوهای احیاء می باشند. در شبیه سازی رواناب با استفاده از مدل هیدرولوژیکی ماهانه نسبت به وضعیت موجود (2018) در منطقه اگر تغییرات کاربری اراضی براساس شرایط سناریوهای 3، 4 و 5 باشند موجب کاهش رواناب به میزان 3/4، 3/3 و



4/1 درصد نسبت به وضعیت موجود حوضه‌ی آبریز مورد مطالعه خواهد شد. نتایج به‌دست آمده با نتایج سایر مطالعات همخوانی دارد، به‌عنوان مثال در مطالعه‌ای مشابه تأثیرات تغییرات کاربری اراضی بر روی سیل‌خیزی و رواناب منطقه‌ای در استان آذربایجان شرقی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل SWAT بررسی شد. براساس نتایج حاصل از مطالعه این محققان، کاشت درختان و توسعه باغ‌ها در منطقه به‌میزان 14 درصد رابطه‌ی بین میزان بارش و رواناب حاصل از آن را کاهش داده است (رضایی‌مقدم و همکاران، 1393: 41 و 54). علاوه بر این، براساس نتایج حاصل از تأثیر سناریوهای تخریب کاربری اراضی اگر تغییر کاربری اراضی در حوضه آبریز کوزه‌تپراقی براساس شرایط سناریوهای 9 و 10 صورت گیرد، میزان رواناب ماهانه در حوضه‌ی آبریز کوزه‌تپراقی به‌ترتیب به میزان 15/24 و 4/5 درصد نسبت به وضعیت مبنای (2018) تغییرات کاربری اراضی در حوضه‌ی آبریز مورد مطالعه افزایش خواهد یافت.

#### 4- نتیجه‌گیری

مدل هیدرولوژیکی ماهانه Temez عملکرد نسبتاً خوبی در برآورد مقادیر رواناب ماهانه براساس داده‌های مورد استفاده از خود نشان داد. این مدل شرایط مختلف کاربری‌های اراضی از قبیل نفوذپذیری خاک، وضعیت آب‌های زیرزمینی و رطوبت خاک را در برآورد رواناب در نظر می‌گیرد. لذا برای بررسی نحوه تأثیر سناریوهای مدیریتی تغییر کاربری اراضی بر روی سیلاب، مدل مناسبی است. در منطقه‌ی مورد مطالعه سناریوهای مدیریتی احیا تا حدی به کاهش رواناب در منطقه کمک کرده اما اثر سناریوهای مدیریتی تخریب بر روی افزایش سیلاب نسبتاً زیاد است. میزان کاهش رواناب در سناریوی 9 برابر با 15/24 درصد و در سناریوی 10 برابر با 4/5 درصد بوده است، که این به علت افزایش کاربری کشاورزی دیم و کاهش کاربری مرتع در حوضه آبریز کوزه‌تپراقی بوده است. باید اشاره شود که دلیل این امر را می‌توان کاهش میزان نگاه‌داشت آب در کاربری کشاورزی دیم نسبت به کاربری مرتع دانست. به این ترتیب که سرعت رواناب در کاربری کشاورزی دیم افزایش یافته و بارش ایجادشده زودتر به رواناب تبدیل می‌شود. هم‌چنین، بر اثر سناریوهای احیاء کاربری اراضی با افزایش اراضی درختی، میزان نفوذ بهبود پیدا کرده، سرعت رواناب کاهش یافته و متعاقباً میزان آب سطحی کاهش می‌یابد. بر این اساس پیشنهاد می‌شود اقدامات مدیریتی برای جلوگیری از تغییر کاربری اراضی به کاربری‌های تشدیدکننده‌ی سیلاب در منطقه اتخاذ شود. هم‌چنین، پیشنهاد می‌شود مطالعات بیش‌تر در زمینه کارایی این مدل در مناطق مختلف به‌خصوص مناطق با تنوع کاربری اراضی و اقلیم انجام شده و دقت پارامترهای مورد استفاده در این مدل با استفاده از داده‌های سنجش از دور بهبود یابد.

## 5- منابع

- AhmadiSani, N., Solaimani, K., Razaghnia, L., Mostafazadeh, R., & Zandi, J. (2018). Assessing the efficiency of Arc-CN Runoff tool in runoff estimation and its comparison in 1996 and 2011 years in Haraz Watershed, Mazandaran Province. *Hydrogeomorphology*, 16, 139-158. (In Persian)
- Alaie, N., Mostafazadeh, R., Esmali-Ouri, A., Sharari, M., & Hazbavi, Z (2020). Assessment and Comparison of Landscape Connectivity in KoozehTopraghi Watershed, Ardabil Province, *Iranian Journal of Applied Ecology*, 8(4), 19-34. (In Persian)
- Rezaiemoghadam, M., Andariani, H., Almaspour, S., Valizadehkamran, Kh., & Mokhtariasl, A. (2017). Investigation effects of landuse and land cover changes on flooding and runoff discharge (Case Study: Alavyan Dam Basin). *Hydrogeomorphology*, 1(1), 41-57. (In Persian)
- Alvarez, J. Sánchez, A. Quintas, L. (2005). SIMPA, a GRASS Based Tool for Hydrological Studies, *Geo-informatics*, 1(1), 13-20.
- Andrade Abe, C., Lucialobo, F.O., Berhan Dibike, Y., Farias Costa, M.P.D., Dos Santos, V., & L.M Novo, E.M. (2019). Modelling the effects of historical and future land cover changes on the hydrology of an Amazonian basin, *Water*, 10(932), 1-19.
- Apostolidis-afentoulis, V., & Lioufi, K. (2015). *SVM classification with Linear and RBF kernels*, 1-7p. DOI: 10.13140/RG
- Arceo, M.G.A.S., Cruz, R.V.O., TiburanJr, C.L., & Balatibat, J.B. (2018). Modelling the hydrologic responses to land cover and climate changes of selected watershed in the Philippines using soil and water assessment tool (SWAT) model, *DLSU Business & Economics Review*, 28, 84-101.
- ASCE & Water Pollution Control Federation. (1969). *Design and Construction of Sanitary Storm Sewers*. ASCE Manual and Reports on Engineering Practice no. 37 and WPCF Manual of Practice No. 9.
- Mourad, A., El Messari, J.S., Ismail, H., Abdelmounim, B., Gabriel, M.N.J., Loubna, B., & Reda, A.M.M. (2019). Assessment of the SWAT model and the parameters affecting the flow simulation in the watershed of Oued Lao (Northern Morocco), *Ecological Engineering*, 20(4), 104-113.
- Basarudin, Z. Adnan, N. A. Latif, A. R. A. Tahir, W., & Syafiqah, N. (2014), Event-based rainfall-runoff modelling of the Kelantan river basin, *Earth and Environmental Science*, 18, 1-7.
- Chang, W., & Chen, X. (2018). Monthly rainfall-runoff modelling at watershed scale: A comparative study of data-driven and theory-driven approaches, *Water*, 10(1116), 1-27.

- Feki, M.R.G., Gepple, A., Mille, G., & Mancini, M. (2018). Impact of infiltration process modelling on soil moisture content simulations for irrigation management, *Water*, 10(850), 1-20.
- Garg, V., Nikam, B.R., Thakur, P.K., Aggarwal, S.P., Gupta, P.K., & Srivastav, S.K. (2019). Human-induced land use land cover change and its impact on hydrology, *HydroResearch*, 1, 48-56.
- Gumindoga, W., Rwasoka, D.T., Ncube, N., Kaseke, E., & Dube, T. (2018). Effect of land cover/land-use changes on water availability in around Ruti dam in Nyazvidzi catchment, Zimbabwe, *Water*, 44(1), 136-145.
- Hyandye, C.B., Worqul, A., Martz, L.W., & Muzuka, A.N.N. (2018). The impact of future climate and land use/cover change on water resources in the Ndembera watershed and their mitigation and adaptation strategies, *Environmental System Research*, 7(7), 1-24.
- Jain, S.K. (1993). *Calibration of conceptual models for rainfall-runoff simulation*, *Hydrological Sciences Journal*, 38(5), 431-441.
- Joo, J., Kjeldsen, T., Kim, H.J., & Lee, H. (2013). A comparison of two event-based flood models (ReFH-rainfall-runoff model and HEC-HMS) at two Korean catchments, Bulki and Jeungpyeong, *Civil Engineering, KSCE*, 18(1), 1-15.
- Kohnova, S., Roncak, P., Hlavcova, K., & Szolgay, J. (2019). Future impacts of land use and climate change on extreme runoff values in selected catchments of Slovakia, *Meteorology Hydrology and Water Management*, 7(1), 48-55.
- Kratzert, F., Klotz, D., Brenner, C., Schulz, K., & Herrnegger, M. (2018). Rainfall-runoff modelling using long short-term memory (LSTM) networks, *Hydrology and Earth System Science*, 22, 6005-6022.
- Largerion, C., Cloke, H.L., Veyhoef, A., Torre, A.M., & Mueller, A. (2018). Impact of the representation of the infiltration on the river flow during intense rainfall events in JULEs, *Technical Memorandum*, 821, 1-24.
- Legates, D.R., & McCabe, G.J. (1999). Evaluating the use of goodness-of-fit measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. *Water Resources Research*, 35, 233-241.
- Mishra, S., Saravanan, C., Dwivedi, V.K., & Shukla, J.P. (2018). Development of hydroprocess framework for rainfall-runoff modeling in the river, Brahmaputra basin: *Indian Journal of Geo-Marine Sciences (IJMS)*, 47(12), 2369-2381.
- Mutreja, K.N. (1990). *Applied Hydrology*. New Delhi: Tata McGraw-Hill.
- Morton, F.I. (1983). Operational estimates of areal evapotranspiration and their significance to the science and practice of hydrology. *Journal of Hydrology*, 66 (1-4), 1-76.

- Mostafazadeh, R., Sadoddin, A., Bahremand, A., & Sheikh, V.B, ZareGarizi, A. (2017). Scenario analysis of flood control structures using a multi-criteria decision making technique in Northeast Iran. *Natural Hazards*. 87: 1827–1846.
- Onate-Valdivieso, F., Bosque-Sendra, J., Sastre-Merline, A., & Ponce, V.M. (2016). Calibration, validation and evaluation of a lumped hydrologic model in a montain area in Southern Ecuador, *Agrociencia*, 50(8), 945-963.
- Oudin, L., Hervieu, F., Michel, C., Perrin, C., Andréassian, V., Anctil, F., & Loumagne, C. (2005). Which potential evapotranspiration input for a rainfall-runoff model? Part 2 - Towards a simple and efficient PE model for rainfall-runoff modelling. *Journal of Hydrology* 303(1-4), 290-306.
- Pahwa, S., & Sinwar, D. (2015). Comparison of various kernels of Support Vector Machine, *IJRASET*, 3, 532-536.
- Ping Xie, D.Y., Dong, X., Liu, J., Li, Y., Peng, T., Ma, H., Wang, K., & Xu, Sh. (2018). Improvement of the SWAT model for event-based flood simulation on a sub-daily timescale, *Hydrology and Earth System Sciences*, 22, 5001-5019.
- Puno, R.C.C., Puno, G.R., & Talisay, B.A.M. (2019). Hydrologic response of watershed assessment to land cover and climate change using soil and water assessment tool models, *Environmental Science and Management*, 5(1), 71-82.
- Rodgers, J.L., & Nicewander, W.A. (1988). Thirteen ways to look at the correlation coefficient. *The American Statistician*, 42(1), 59-66.
- Sadoddin, A., Sheikh, V.B., Mostafazadeh, R., & Halili, M.GH. (2010). Analysis of Vegetation-based management scenarios using MCDM in the Ramian Watershed, Iran, *International Journal of Plan Production (IJPP)*, 51-62
- Samie, M., Ghazavi, R., Vali, A., & Pakparvar, M. (2019). Evaluation of the effect of land use change supervised classification satellite data, *Global NEST Journal*, 21(2), 245-252.
- Santillan, J.R., Amora, A.M., Makinano-Santillan, M., Gingo, A.L., & Marqueso, J.T. (2019). Analyzing the impacts of land cover change to the hydrologic and hydraulic behaviors of the Philippines third largest river, Photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 3(1), 41-248.
- Shang, X., Jiang, X., Jia, R., & Wei, Ch. (2019). Land use and climate change effects on surface runoff variations in the upper Heihe river basin, *Water*, 11(344), 1-20.
- Supriya, P., & Krishnaveni, M. (2016). Comparing the performance of rainfall-runoff models for Chinnar and Anaivavi Oday sub-basins, *Journal of Applied Hydrology*, 10(4), 44-59.

- Suryoputro, N., Widandi Soetopo, S., & Suhartano, E. (2017). *Calibration of infiltration parameters on hydrological tank model using runoff coefficient of Rational Method*, Green Construction and Engineering Education for Sustainable Future, (GCEE) 1887, 1-9.
- Subramanya, K. (1991). *Engineering Hydrology*. New Delhi: Tata McGraw-Hill.
- Tayyab, M., Zhou, J., Zeng, X., Chen, L., Ye, L. (2014). Optimal application of conceptual rainfall-runoff hydrological models in the Jinshajing river basin, China, *Remote Sensing and GIS for Hydrology and Water Resources*, 368, 277-232.
- Temez, J.R. (1977). *Modelo matematico de transformacion. Precipitacion. Aportacion. Asociacion de Investigacion Industrial Electrica ASINEL*, Madrid. 39 p.
- Vieira, J., & Conceição Cunha, M.D. (2017). Closure to “Systemic Approach for the Capacity Expansion of Multisource Water-Supply Systems under Uncertainty” by João Vieira and Maria Cunha, *Water Resources Planning and Management*, 143(9), 1-38.
- Winter, B., Schneeberger, K., Dung, N.V., Huttenlan, M., Achleither, S., Stotter, J., Merz, B., & Vorogushyn, S. (2019). A continuous modelling approach for design flood estimation sub-daily time-scale. *Hydrological Science Journal*, 64(5), 539-554.
- Yadav, A., Twwari, H.L., & Galkate, R.V. (2019). Rainfall-runoff modeling using Mike11 Nam for Sher river basin model, *Recent Technology and Engineering (IJRIE)*, 8(1), 844-852.