وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

دستورالعمل فنی

راهنمای جامع استفاده از سامانه Global Watershed در حوزه آبخیز

نویسندگان:

کاظم صابرچناری، علیرضا مجیدی، احسان الوندی

شماره ثبت: ۶۹۱۹۳

۱۴۰۵

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

دستورالعمل فنی:

راهنمای جامع استفاده از سامانه Global Watershed در حوزه آبخیز

نویسندگان:
کاظم صابرچناری، علیرضا مجیدی، احسان الوندی

شماره ثبت: ۶۹۱۹۳

۱۴۰۵

وزارت جهادکشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

عنوان: راهنمای جامع استفاده از سامانه Global Watershed در مدیریت آبخیز
نویسندگان: کاظم صابرچناری، علیرضا مجیدی، احسان الوندی
ویراستار ادبی: سعید نبی‌پی لشکریان
طراحی جلد و صفحه‌آرایی: عباس صدیق
ناشر: پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
شمارگان: ۱۰ نسخه
تاریخ انتشار: بهار ۱۴۰۵
این اثر در مورخه **۱۴۰۵/۰۲/۰۷** با شماره **۶۹۱۹۳** در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است. حق چاپ محفوظ است. نقل مطلب، تصاویر، جداول، منحنی‌ها و نمودارها با ذکر ماخذ بلامانع است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ۱
۱- مقدمه ۱
۱-۱- ضرورت و هدف از تهیه دستورالعمل ۲
۲- معرفی برنامه سامانه Global Watershed ۳
۲-۱-توضیح جامعتر لایه MERIT-DEM ۵
۲-۲- ویژگی‌های کلیدی MERIT-DEM : ۶
۲-۳- کاربردهای علمی MERIT-DEM : ۷
۲-۴- دلایل مقبولیت MERIT-DEM ۸
۲-۵-توضیح جامعتر لایه MERIT Hydro ۹
۳- معرفی سریع و کاربرد سامانه ۱۱
۴- نمای کلی سامانه ۱۲
۵- آماده‌سازی و تنظیمات اولیه ۱۳
۶- تعیین نقطه و دقت تحلیل ۱۵
۸- ردیابی پایین‌دست (Downstream) ۱۸
۹- حالت ویژه دریاچه یا ساحل ۱۹
۱۰- لایه‌های مرجع و ابزارهای کمکی ۲۰
۱۱- تولید و دانلود خروجی‌ها ۲۳
توضیح فرمت‌ها: ۲۳
۱۲- گزارش و مستندسازی ۲۴
۱۲-۱- گزارش‌های حوضه ترسیم‌شده: ۲۵
۱۳- نکات مهم و کلیدی ۳۴
۱۴- پشتیبانی و ارتباط ۳۵
۱۵- آیکن : ۳۵
۱۶- نتیجه‌گیری ۳۶
۱۷- منابع مورد استفاده ۳۷
Abstract ۳۹

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل۱- لایه‌های ارتفاعی و توپوگرافی رستری MERIT-DEM در سطح جهان..... ۹
شکل۲- نمایش لایه اطلاعات رودخانه‌ها در سطح جهان ۱۱
شکل۳- نمایی از صفحه اصلی سامانه ۱۲
شکل ۴- صفحه تنظمیات سامانه ۱۳
شکل ۵- انتخاب منبع داده از منوی Option ۱۳
شکل۶- تنظیم شفافیت و پستی بلندی از روی پنجره Base Capacity ۱۴
شکل۷- تنظیم شفافیت و پستی بلندی از روی پنجره Base Capacity ۱۵
شکل ۸- انتخاب موقعیت در منوی Option..... ۱۵
شکل۹- تعیین دقت کار در منوی Option ۱۶
شکل ۱۰- ترسیم حوضه بالادست نقطه خروجی مشخص شده ۱۷
شکل ۱۱- کنترل نمایش برای حوضه در منوی Option ۱۸
شکل۱۲- ردیابی مسیر آبراهه به سمت پایین‌دست و ترسیم پروفیل طولی آبراهه با فعال‌کردن Show flowpath profile در منوی Option..... ۱۹
شکل۱۳- مرزبندی حوضه‌های منتهی به دریاچه یا سواحل..... ۲۰
شکل۱۴- پنجره کلیدهای میانبر در منوی Option..... ۲۱
شکل۱۵- نمایش سدها و اطلاعات آن..... ۲۲
شکل ۱۶- ابزارهای کمکی در منوی Option ۲۲
شکل ۱۷- نحوه خروجی‌گرفتن از حوضه و آبراهه‌ها..... ۲۴
شکل ۱۸- گزارش‌گیری از حوضه ترسیم‌شده ۲۴
شکل ۱۹- صفحه گزارشات حوضه ترسیم‌شده ۲۵
شکل ۲۰- تغییرات جمعیتی حوضه از ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰..... ۲۶
شکل ۲۱- تغییرات کاربری اراضی حوضه در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰..... ۲۶
شکل ۲۲- میانگین تغییرات درازمدت بارش و تبخیروتعرق در حوضه موردنظر در ماههای مختلف سال (۱۹۰۱-۲۰۱۸) ۲۸
شکل ۲۳- ذخیره آب زیرزمینی حوضه را با استفاده از ماهواره در سال‌های مختلف ۲۹
شکل ۲۴- سطح تغییرات مناطق تحت آبیاری در حوضه از ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۵ ..... ۳۰
شکل ۲۵- مشخص‌کردن طولانی‌ترین آبراهه در حوضه..... ۳۱

شکل ۲۶- پروفیل طولی آبراهه ۳۲
شکل ۲۷- نمودار توزیع طبقات ارتفاعی حوضه در مقیاس خطی ۳۳
شکل ۲۸- نمودار توزیع طبقات ارتفاعی حوضه در مقیاس لگاریتمی ۳۳
شکل ۲۹- پشتیبانی و ارتباط در سامانه ۳۵
شکل ۳۰- نمایش لایه‌های مختلف در سامانه ۳۶

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱- مزایای MERIT-DEM نسبت به SRTM ۷
جدول۲- نوار ابزار ترسیم مرز حوضه های منتهی به دریاچه یا سواحل ۲۰
جدول ۳- کاربری اراضی حوضه در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰ ..... ۲۷
جدول ۴- نمونه جدول اطلاعات سد در حوضه موردنظر ۳۰

چکیده

هدف از طراحی این دستورالعمل معرفی و کاربرد سامانه Global Watershed در حوزه آبخیز است. این سامانه، تحت وب، در بستر اینترنت جهانی و در دسترس، می‌تواند حوزه‌های آبخیز بالادست و مسیرهای جریان پایین‌دست را در هر مکانی در سطح کره زمین به‌صورت خودکار پیدا کند. سپس پارامترهای فیزیوگرافی و هیدرولوژی را در مقیاس حوزه، به‌صورت برخط استخراج و در دسترس قرار دهد. این برنامه از برنامه‌های متن باز در بستر اینترنت است و از جدیدترین و به‌روزترین مجموعه داده‌های جهانی استفاده می‌کند و از اکثر روش‌های دیگر سریع‌تر است. همانطور که اشاره شد، این سامانه اطلاعاتی مختلفی از حوزه‌های آبخیز ازجمله، فیزیوگرافی، تراکم جمعیت، تغییرات کاربری اراضی، پایش ذخایر آبی سطحی و زیرزمینی، هیدرولوژی، نواحی تحت آبیاری، سدهای موجود در حوزه آبخیز با استفاده از توضیح متنی، تصاویر، نقشه و نمودار، ارائه می‌دهد. در واقع این سامانه می‌تواند علاوه بر دردسترس قراردادن سریع و برخط اطلاعات فیزیوگرافی و هیدرولوژی حوزه‌های آبخیز در سطح جهان، بستری برای مطالعات حوزه‌آبخیز بخصوص در مقیاس جهانی و حوضه‌های مرزی و برون مرزی با وضوح بالا فراهم می‌کند. این اطلاعات و نقشه‌ها می‌تواند برای مدیران و محققان حوزه آبخیز، بسیار مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: سامانه، فیزیوگرافی، حوزه آبخیز، کاربری اراضی

۱- مقدمه

رودخانه‌ها نقش مهمی در چرخه‌های هیدرولوژیکی و بیوژئوشیمیایی جهانی ایفا می‌کنند. بسیاری از فعالیت‌های اجتماعی-اقتصادی و برنامه‌ریزی‌های مدیریتی به منابع آب در حوضه‌های رودخانه‌ای وابسته هستند. مطالعات مرزی شبکه‌های رودخانه‌ای و آب‌های سطحی در مقیاس جهانی، مستلزم آن است که تمام رودخانه‌های با وضوح بالا و به طور دقیق، نقشه‌برداری شوند. اما، تاکنون چنین نقشه‌ای تولید نشده است (Lin

و همکاران، ۲۰۲۱). روش‌های استاندارد تهیه خودکار حوزه آبخیز، نیازمند مجموعه داده‌های شبکه‌ای (یا رستری) بزرگی هستند که کل حوضه مورد نظر را پوشش دهند. دقت و صحت نتایج وابسته به میزان دقت، وضوح و جامع بودن داده‌های مورد استفاده است. برای بهترین نتیجه، باید از داده‌های با بالاترین وضوح موجود استفاده کرد. در حال حاضر، دقت و وضوح معتبرترین مجموعه داده‌های زمینی و جهانی و در دسترس عموم، وضوح ۹۰ متر است. با این حال، تعیین حوزه‌های آبخیز بزرگ با داده‌های زمینی با وضوح بیشتر می‌تواند کند باشد و برای یک حوزه آبخیز بزرگ روی یک رایانه شخصی پیشرفته به بیش از یک ساعت زمان نیاز دارد. همچنین این پردازش به حافظه بیشتری نسبت به آنچه در بیشتر رایانه‌های شخصی موجود است، نیاز دارد. برای رفع این مشکل، با استفاده از بستر اینترنت (به‌منظور دسترسی عمومی، آسان و برخط) و فضای ابری، یک سامانه به نام Global Watershed که روشی ترکیبی سریع و دقیق با استفاده از داده‌های برداری و رستری است، توسط Heberger (۲۰۲۲)، توسعه داده شد.

۱-۱- ضرورت و هدف از تهیه دستورالعمل

سامانه Global Watersheds یک ابزار تخصصی هیدرولوژیکی مبتنی بر داده‌های جهانی است که امکانات متنوعی برای استخراج مرز حوزه‌های آبخیز، شبکه زهکشی و مسیر جریان آب فراهم می‌کند. با توجه به ماهیت فنی سامانه و تنوع گزینه‌ها و خروجی‌ها، نبود یک دستورالعمل جامع می‌تواند منجر به استفاده نادرست از ابزارها، برداشت اشتباه از نتایج و کاهش دقت تحلیل‌های هیدرولوژیکی شود. بنابراین، تهیه یک دستورالعمل استاندارد برای هدایت کاربران در استفاده صحیح از سامانه ضروری است. از آنجا که این سامانه توسط طیف گسترده‌ای از کاربران شامل پژوهشگران، دانشجویان، مهندسان منابع آب و برنامه‌ریزان محیط‌زیست مورد استفاده قرار می‌گیرد، تفاوت سطح دانش فنی کاربران می‌تواند منجر به ناهمگونی در نتایج استخراج‌شده شود. تدوین یک دستورالعمل آموزشی منسجم باعث افزایش یکنواختی در روش استفاده، ارتقای قابلیت تکرارپذیری نتایج و بهبود کیفیت مطالعات علمی و کاربردی مبتنی بر این سامانه خواهد شد. همچنین با توجه به امکان استفاده از خروجی‌های سامانه در نرم‌افزارهای GIS و مدل‌های هیدرولوژیکی دیگر، وجود دستورالعمل مشخص

برای انتخاب پارامترها، تفسیر خروجی‌ها و محدودیت‌های داده‌ها، نقش مهمی در جلوگیری از خطاهای تحلیلی و تصمیم‌گیری‌های نادرست در مدیریت منابع آب ایفا می‌کند.

هدف اصلی از تهیه این دستورالعمل، معرفی و کاربرد این سامانه در حوره آبخیز به‌منظور استخراج صحیح و قابل اعتماد اطلاعات هیدرولوژیکی مانند مرز حوزه‌های آبخیز، مسیر جریان و شبکه رودخانه‌ها است. این دستورالعمل به کاربران کمک می‌کند تا بدون نیاز به دانش عمیق برنامه‌نویسی، از قابلیت‌های سامانه به شکل مؤثر و علمی استفاده کنند. همچنین هدف دیگر افزایش دقت، شفافیت و قابلیت اعتماد نتایج حاصل از سامانه در مطالعات علمی، پروژه‌های مهندسی و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی است. با ارائه توضیح روشن درباره پارامترها، خروجی‌ها و محدودیت‌های سامانه، این دستورالعمل زمینه استفاده صحیح از داده‌ها و تلفیق آن‌ها با سایر منابع اطلاعاتی و نرم‌افزارهای تحلیلی را فراهم می‌سازد.

۲- معرفی برنامه سامانه Global Watershed

سامانه Global Watersheds یک وب‌آپ تعاملی رایگان است که توسط Heberger (۲۰۲۲) به‌عنوان پروژه شخصی در بستر اینترنت جهانی و به‌صورت برخط و متن باز، توسعه یافته است. برای پایداری سرویس، سرور میزبان[1] این برنامه به سطح بالاتری ارتقا یافته و هزینه‌های آن از حمایت‌های کوچک کاربران تامین می‌شود. این پروژه، ابتدا با منابع محدود شروع شده و به‌مرور زمان، با افزایش تقاضا، گسترش یافته است. صفحه سامانه، در اوج ترافیک، هر ۱.۲ ثانیه یک حوضه جدید ایجاد می‌کند. این رقم، رشد و مقیاس‌پذیری تقاضا را نشان می‌دهد و دلیل نیاز به ارتقای هاست را توضیح می‌دهد. نسخه عمومی سامانه از سال ۲۰۲۲، در دسترس عموم قرار گرفته است. از ویژگی‌های بارز این اپلیکیشن تحت وب، متن بازبودن آن است.

این برنامه، نظیر دیگر برنامه‌های جهانی، در بستر یک پلت‌فرم گیت هاب[2] برای ذخیره‌سازی، مدیریت، دسترسی و اشتراک‌گذاری در سطح جهانی و برخط، قرار گرفته است. لینک مستقیم به گیت هاب داده شده است. بنابراین، کد برنامه، متن‌باز و در دسترس است. به این‌ترتیب، کاربران می‌توانند آن را بازبینی یا در توسعه

[1]- Host
[2] -GitHub

برنامه مشارکت کرده و یا از کدهای برنامه برای شخصی‌سازی یا استفاده از داده‌های شخصی و یا پایگاه داده‌ای موردنظر، استفاده نمایند. الگوریتم استفاده شده در این برنامه از یک مجموعه داده‌برداری به نام MERIT[1]-Basins استفاده می‌کند. این نرم‌افزار، اطلاعاتی را در مورد مرزهای حوزه آبخیز آبراهه اصلی و شبکه‌آبراهه‌ای و جهت جریان هیدرولوژیکی، ارائه می‌دهد و آن را برای مدل‌سازی هیدرولوژیکی و مدیریت منابع آب مناسب می‌سازد. MERIT-Basins، در حقیقت، یک پایگاه با مجموعه داده‌های هیدروگرافی برداری (Vector) جهانی (رودخانه‌ها و حوزه‌های آبخیز)، با وضوح جهانی و با دقت بالا (سه اینچ)، است. این مجموعه، بر پایه مدل رقومی ارتفاعی جهانی اصلاح شده تحت عنوان (MERIT-DEM) و محصول MERIT-Hydro در مقیاس سه ثانیه قوسی (حدود ۹۰ متر) ، با استفاده از ابزار TauDEM در محیط GIS و با آستانه منطقه زهکشی ۲۵ کیلومترمربعی برای کانال‌ها، ایجاد شده است.

MERIT-DEM، خود یک مدل رقومی ارتفاع جهانی پیشرفته است که با ترکیب داده‌های سنجنده SRTM[2] و AW3D[3] و همچنین، حذف سیستماتیک خطاهای آنها (مانند نویز، انحراف، شکاف‌ها)، ایجاد شده است. MERIT-Basins، با هدف ارائه یک مجموعه هماهنگ، دقیق و آماده برای مدل‌سازی هیدرولوژیکی در مقیاس جهانی از روی MERIT-DEM بهبودیافته، تولید شده است.

در این مجموعه، رودخانه‌ها به‌صورت چندخطی و مرزهای حوزه آبخیز به‌صورت چندضلعی کدگذاری می‌شوند (Lin و همکاران، ۲۰۱۹ و Lin و همکاران، ۲۰۲۱).MERIT یک مدل رقومی ارتفاعی جهانی است که با ادغام چند منبع و اعمال اصلاحات هدفمند، خطاهای رایج ماهواره‌ای را تا حد زیادی کاهش می‌دهد. این خطاها شامل اثر پوشش گیاهی و ساختمان‌ها بر ارتفاع، نویز نواری، ناهمخوانی‌های بزرگ‌مقیاس و حوضچه‌های کاذب است. خروجی نهایی شبکه توپوگرافی هموارتر و واقعی‌تری با تفکیک حدود ۳ ثانیه قوسی (~۹۰ متر) فراهم می‌کند که برای کاربردهای هیدروگرافی مانند استخراج مسیر رودخانه‌ها بسیار مناسب است (Yamazaki و همکاران، ۲۰۱۹).

[1] - Multi-Error-Removed Improved-Terrain
[2] - Space Shuttle Radar Topography Mission
[3] - Advanced Land Observing Satellite World 3D

عموما، در نقشه‌های هیدرولوژی با مقیاس جهانی، رودخانه‌ها از یک آستانه ثابت برای کانالیزه‌شدن استفاده می‌کنند. اما، حوزه‌های آبخیز، خصوصیات متفاوتی دارند. در مناطق مرطوب با شیب زیاد، آبراهه‌ها (کانال‌ها)، خیلی زود شکل می‌گیرند. در بیابان‌های کم‌شیب، این فرآیند دیرتر انجام می‌شود. استفاده از آستانه ثابت، باعث می‌شود تراکم شبکه رودخانه‌ای (Dd[1]) در نقشه‌ها غیرواقعی و یکنواخت به نظر برسد، که مستقیماً روی زمان تمرکز و شبیه‌سازی سیلاب، اثر می‌گذارد. لین و همکاران (۲۰۲۱) به جای آستانه ثابت، Dd را به‌صورت مکانی وابسته، با تکیه بر اقلیم و فیزیوگرافی هر حوزه آبخیز و با کمک یادگیری ماشین، پیش‌بینی می‌کنند. سپس با مدل رقومی ارتفاعی اصلاح‌شده (MERIT-DEM) و محصولات MERIT Hydro، شبکه رودخانه را در حالت برداری، استخراج می‌کند. نتیجه، شبکه‌ای بسیار متراکم‌تر و واقع‌گراتر که ۵۸ میلیون جریان خطی رودخانه و در مجموع ۷۵ میلیون کیلومتر طول دارد برای سطح کره زمین ایجاد می‌شود. دلیل اهمیت MERIT این است که تصاویر سنجنده SRTM پوشش عرض‌های بالای ۶۰ درجه شمالی را ندارد و خطاهایی مانند اثر پوشش گیاهی و ساختمان و نویز نواری را دارا است. MERIT DEM این خطاها را تا حد زیادی حذف کرده و پوشش سراسری‌تری فراهم می‌کند. بنابراین، برای مناطق قطبی و آبراهه‌های کوچک، مناسب‌تر است (Lin و همکاران، ۲۰۲۱). در مجموع، این شبکه هیدروگرافی جهانی توسعه‌یافته، کار Yamazaki و همکاران (۲۰۱۹) بوده که توسط Lin و همکاران (۲۰۲۱)، به‌روزرسانی‌شده است. این به‌روزرسانی با تراکم رودخانه متغیر (Dd) تعداد ۱۵۶۵۷۱ حوزه آبخیز را در مقیاس جهانی، در برمی گیرد (Lin و همکاران، ۲۰۲۱).

۲-۱-توضیح جامع‌تر لایه MERIT-DEM

MERIT-DEM، یک مدل رقومی ارتفاع (DEM) در مقیاس جهانی است که با هدف ارائه دقیق‌ترین داده‌های ارتفاعی جهان در مقیاس ۳ ثانیه قوسی (حدود ۹۰ متر)، تهیه شده است. این مدل توسط Yamazaki و همکاران (۲۰۱۷) توسعه یافت و یکی از معتبرترین لایه ارتفاعی و توپوگرافی رستری (DEM) رایگان و در دسترس برای مطالعات هیدرولوژیکی، زمین‌ریخت‌شناسی، برنامه‌ریزی محیطی و ...، محسوب می‌شود.

[1]- Drainage density

۲-۲- ویژگی‌های کلیدی MERIT-DEM :

- حذف جامع خطاها (Error Removal) :

لایه‌های ارتفاعی و توپوگرافی رستری (DEM) جهانی رایج مانند SRTM و ASTER-GDEM دارای خطاهایی نظیر:

- نویز تصادفی (Random noise)
- خطاهای رادیومتری رادار
- خطاهای ناشی از درخت‌پوشی (Vegetation bias)
- خطاهای هندسی و حفره‌های مصنوعی (Void filling artifacts)

MERIT-DEM، با استفاده از مجموعه‌ای از روش‌های فیلتراسیون، تصحیح هندسی و داده‌های کمکی، این خطاها را حذف یا به‌شدت کاهش می‌دهد.

- ترکیب چند منبع داده:

MERIT-DEM، از ترکیب و بهینه‌سازی منابع متعدد شامل:

- SRTM3 v2.1
- AW3D-30
- ViewfinderPanorama (VFP-DEM): داده‌ای که ارتفاع زمین (بدون ساختمان یا پوشش گیاهی) را در غالب یک شبکه (grid یا raster) برای نقاط سطح زمین ذخیره می‌کند. این لایه از لینک viewfinderpanoramas قابل دسترس است.
- GMTED2010: یک مدل رقومی ارتفاع جهانی است که توسط سازمان زمین‌شناسی آمریکا و آژانس ملی اطلاعات مکانی آمریکا تهیه شده و اطلاعات ارتفاع زمین را در چند مقیاس مکانی مختلف ارائه می‌دهد. این داده‌ها از ترکیب و یکپارچه‌سازی چندین مدل رقومی ارتفاع موجود به‌دست آمده‌اند (Danielson & Gesch، ۲۰۱۱).
- و مدل‌های پوشش گیاهی جهانی

- وضوح مکانی:

- وضوح نهایی ۳ ثانیه قوسی (حدود ۹۰ متر).
- پوشش جهانی(تقریباً تمام خشکی‌های زمین).

- بهبود دقت هیدرولوژیکی:

MERIT-DEM، یکی از دقیق‌ترین، لایه‌های ارتفاعی و توپوگرافی رستری جهانی برای استخراج:

- شبکه آبراهه‌ها.
- الگوهای زهکشی.
- حوزه‌های آبخیز.
- جریان سطحی.

است، زیرا جهت جریان، شیب و اتصال هیدرولوژیکی در آن تصحیح و تدقیق شده‌اند. در جدول ۱، مزایای MERIT-DEM نسبت به SRTM مقایسه شده است.

جدول ۱- مزایای MERIT-DEM نسبت به SRTM

ویژگی	SRTM	MERIT-DEM	نتیجه
خطاهای ناشی از پوشش گیاهی	زیاد	حذف‌شده	افزایش دقت توپوگرافی واقعی
نویز راداری	قابل‌توجه	فیلتر شده	مدل صاف‌تر و واقعی‌تر
خطاهای حفره و پرشدگی	وجود دارد	اصلاح شده	افزایش دقت جریان‌ها
دقت هیدرولوژیکی	متوسط	بالا	مناسب برای مدل‌سازی آب

۲-۳- کاربردهای علمی MERIT-DEM :

- هیدرولوژی

- استخراج شبکه آبراهه‌ها
- مدل‌سازی بارش–رواناب
- تعیین موقعیت سدهای سطحی و زیرزمینی
- تحلیل خطر سیل

- ژئومورفولوژی

- محاسبه شاخص‌های شیب، جهت، انحناء
- تحلیل فرسایش
- مدل‌سازی زمین‌لغزش

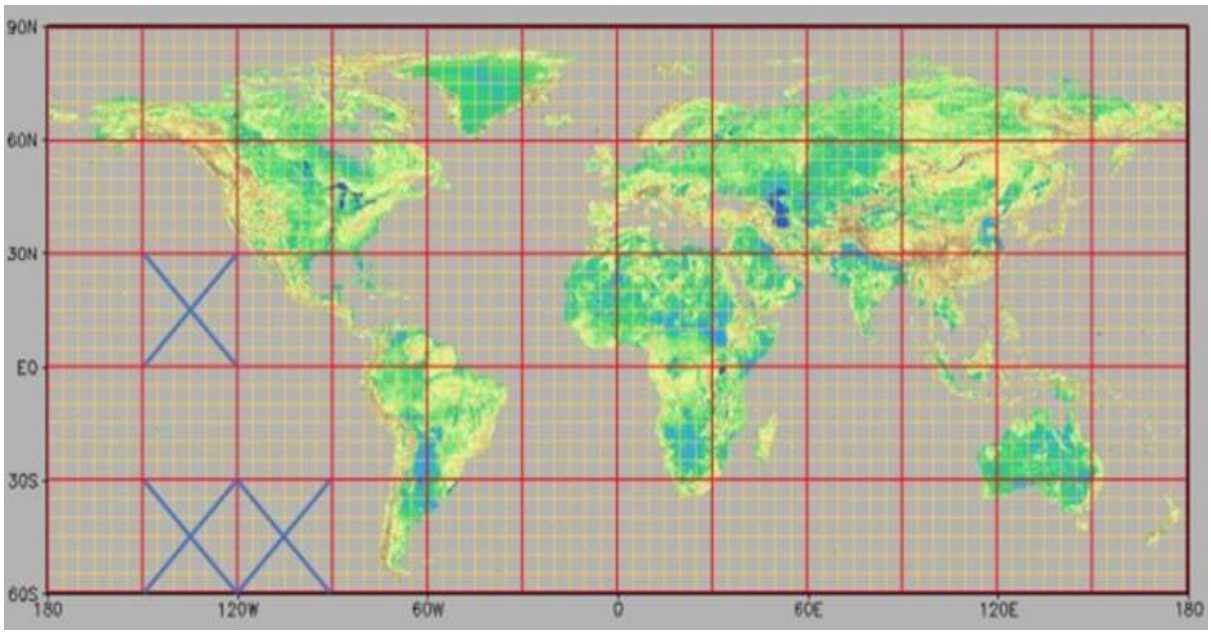
- محیط‌زیست و برنامه‌ریزی

- مدیریت منابع آب
- برنامه‌ریزی خاک و آبخیز
- ارزیابی مخاطرات زمین

۲-۴- دلایل مقبولیت MERIT-DEM

- خطای ارتفاعی بسیار کمتر نسبت به SRTM وASTER
- تصحیح جامع خطاهای راداری و پوشش گیاهی
- پوشش جهانی و دسترسی رایگان

شکل ۱ لایه‌های ارتفاعی و توپوگرافی رستری MERIT-DEM در سطح جهان را نشان می‌دهد. Yamazaki و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله خود "A high-accuracy map of global terrain elevations" ، توضیحات علمی و کاربردی را در زمینه (MERIT-DEM) در ژورنال (Journal of Geophysical Research letters) به چاپ رسانده است. این مقاله با دسترسی آزاد در آدرس (https://doi.org/10.1002/2017GL072874)، قابل استفاده است. لایه‌های ارتفاعی و توپوگرافی رستری MERIT-DEMبرای هر منطقه از سطح جهان در سایت (http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamadai/MERIT_DEM/)، قابل دسترسی است.



شکل۱- لایه‌های ارتفاعی و توپوگرافی رستری MERIT-DEM در سطح جهان

۲-۵-توضیح جامع‌تر لایه MERIT Hydro

MERIT Hydro، مجموعه داده‌های هیدروگرافی جهانی که بر اساس لایه مدل ارتفاعی MERIT DEM و چندین نقشه آب‌های داخلی، تولید شده است. این مجموعه شامل، لایه‌های جهت جریان، تجمع جریان، ارتفاعات اصلاح‌شده از لحاظ هیدرولوژیکی و پهنای کانال رودخانه است. دریافت مجموعه‌داده پس از ثبت‌نام و پذیرش توافق‌نامه مجوز از طریق فرم گوگل، امکان‌پذیر است.

نقشه‌های هیدروگرافی رستری با تفکیک‌پذیری بالا در این مجموعه، یکی از داده‌های بنیادی برای بسیاری از کاربردهای علوم زمین هستند. MERIT Hydro، یک نقشه جدید جهت جریان در مقیاس جهانی با تفکیک‌پذیری سه ثانیه قوسی (حدود ۹۰ متر در خط استوا) که از جدیدترین داده‌های ارتفاعی MERIT (DEM و مجموعه‌داده‌های پهنه‌های آبی (G1WBM، GSWO و OpenStreetMap)، استخراج شده است.

برای تهیه و تولید لایه MERIT Hydro، یک الگوریتم جدید نیمه خودکار برای استخراج شبکه‌های رودخانه‌ای توسعه داده شده است. بطوری‌که در آن، حوزه‌های آخیز واقعی از فرورفتگی‌های مصنوعی ناشی از خطاهای داده‌های ارتفاعی اولیه، تفکیک می‌شوند. پس از ویرای حداقلی دستی، نقشه هیدروگرافی تولیدشده

تطابق خوبی با مجموعه داده‌های کنترل‌شده موجود از شبکه‌های رودخانه‌ای، از نظر مساحت، تجمع جریان و شکل حوزه‌های آبخیز، نشان می‌دهد.

خطای نسبی در مساحت آبخیز در ۹۰ درصد ایستگاه‌های GRDC[1]، کمتر از ۰/۰۵ بوده که دقت بالای شبکه‌های رودخانه‌ای ترسیم‌شده را تأیید می‌کند. اختلافات موجود در مساحت تجمع جریان، اغلب در حوضه‌های خشک مشاهده می‌شود. در محل‌هایی که، فرورفتگی‌ها در سطوح بالای آب، گاهی به‌طور موقت به هم متصل می‌شوند و موجب عدم قطعیت در مرز حوضه‌ها می‌گردند.

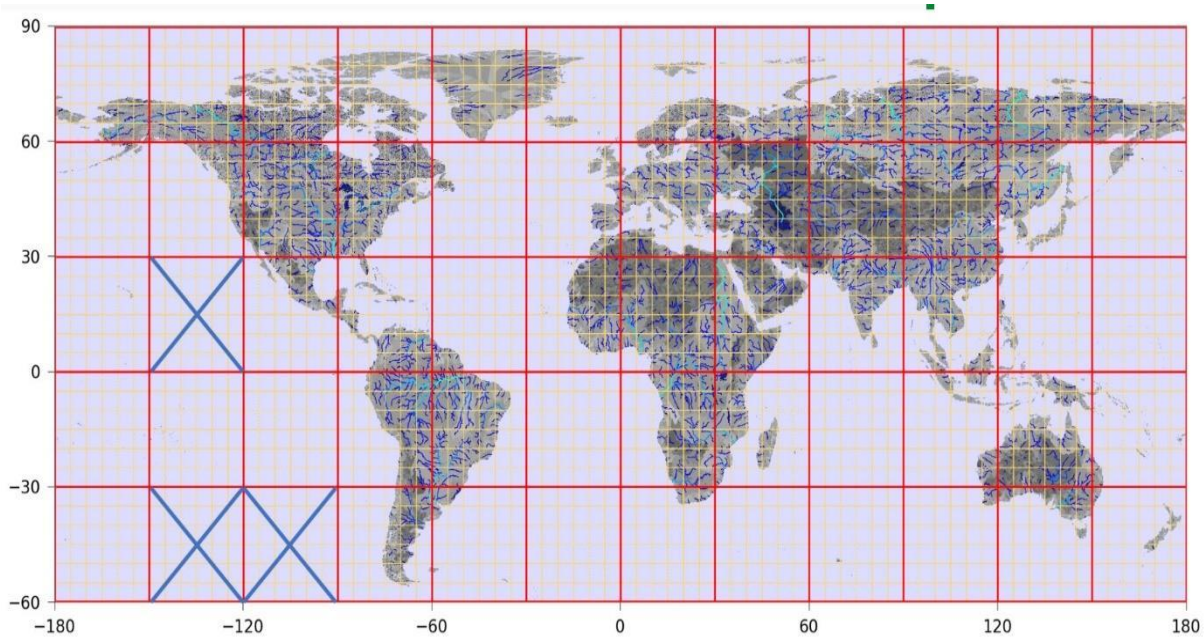
MERIT Hydro، نسبت به مجموعه داده‌های جهانی هیدروگرافی موجود، در پوشش مکانی (از عرض ۹۰ درجه شمالی تا ۶۰ درجه جنوبی) و نمایش رودخانه‌های کوچک، عملکرد بهتری دارد که عمدتاً نتیجه افزایش دسترسی به داده‌های پایه مکانی باکیفیت مناسب است. نقشه‌های جدید جهت جریان و تجمع جریان، همراه با لایه‌های تکمیلی ارتفاعی اصلاح‌شده هیدرولوژیکی و پهنای کانال، زمینه را برای مطالعات دقیق و جامع در زمینه منابع طبیعی و علوم‌زمین مرتبط با هیدرولوژی رودخانه‌ها، در مقیاس‌های جهانی و محلی، پیش می‌برند.

شکل ۲ لایه اطلاعات رودخانه‌ها در سطح جهان را در MERIT Hydro، نشان می‌دهد.

قالب داده‌های MERIT Hydro ، بر اساس، سیستم مختصات جهانی WGS84 و ژئوئید EGM96، تنظیم شده است. مجموعه‌داده‌ها در قالب قطعاتی با ابعاد ۵ درجه × ۵ درجه (معادل ۶۰۰۰ × ۶۰۰۰ پیکسل)، تهیه شده‌اند. نام هر فایل، بیانگر مختصات مرکز پیکسل واقع در گوشه جنوب‌غربی دامنه داده است. برای نمونه، فایل n30w120_dir.tif ، مربوط به نقشه جهت جریان در محدوده N30–N35 و W120–W115، است (به‌طور دقیق‌تر، محدوده N29.99958333–N34.99958333 و W120.0004167–W115.0004167). قطعات پنج درجه‌ای، برای سهولت کاربری و مدیریت داده، در بسته‌هایی با ابعاد ۳۰ درجه (عرض) در ۳۰ درجه (طول) ادغام و فشرده‌سازی می‌شوند. نام بسته‌ها نیز نشان‌دهنده مختصات گوشه جنوب غربی دامنه پوشش آن‌ها است. به عنوان مثال، بسته dir_n30w120.tar، شامل تمامی فایل‌های واقع در محدوده N30–N60 و W120–W090 است.

[1] - Global Runoff Data Centre

تمام داده‌ها در قالب GeoTIFF، ارائه می‌شوند که امکان استفاده مستقیم در محیط‌های GIS و نرم‌افزارهای تحلیل مکانی را فراهم می‌سازد. نمایش تعاملی MERIT Hydro، به‌صورت یک اپلیکیشن تحت وب[1] در Google Earth Engine و همچنین، در سایت http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamadai/MERIT_Hydro/، در دسترس است.



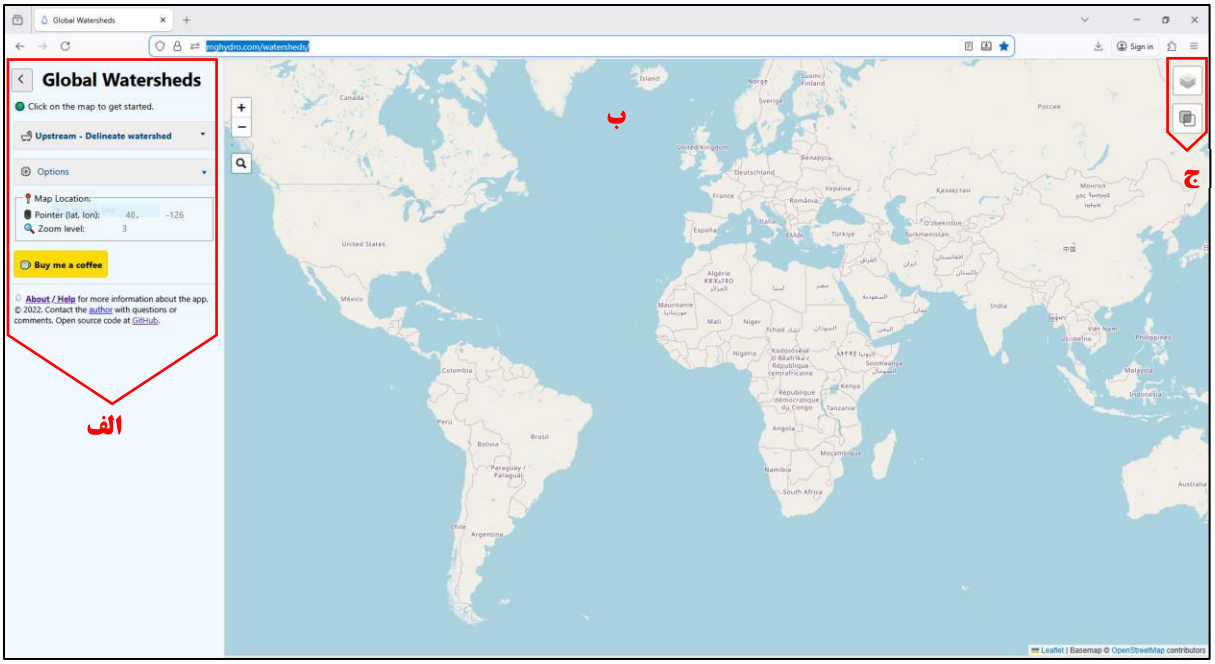
شکل۲- نمایش لایه اطلاعات رودخانه‌ها در سطح جهان

۳- معرفی سریع و کاربرد سامانه

در حال حاضر Global Watersheds ، یک نقشه تعاملی است که برای ترسیم حوزه آبخیز بالادست یک نقطه، ردیابی مسیر جریان پایین‌دست، نمایش شبکه رودخانه‌ها، مرز حوضه، نقطه خروجی، جهت جریان و ...، و همچنین، تولید خروجی‌های قابل دانلود در فرمت‌های GIS و گزارش‌گیری در مقیاس جهانی، استفاده می‌شود. برای ورود به این برنامه سامانه باید از لینک ذیل استفاده کنید. پس از کلیک روی لینک زیر وارد صفحه سامانه خواهید شد (شکل ۳).

https://Global Watersheds

[1] - WebApp



شکل ۳- نمایی از صفحه اصلی سامانه

همان‌طور که در صفحه اصلی مشاهده خواهید نمود، این سامانه از بخش‌های مختلف تشکیل شده است که هرکدام کاربرد و خروجی‌های مختص خود را دارد.

۴- نمای کلی سامانه

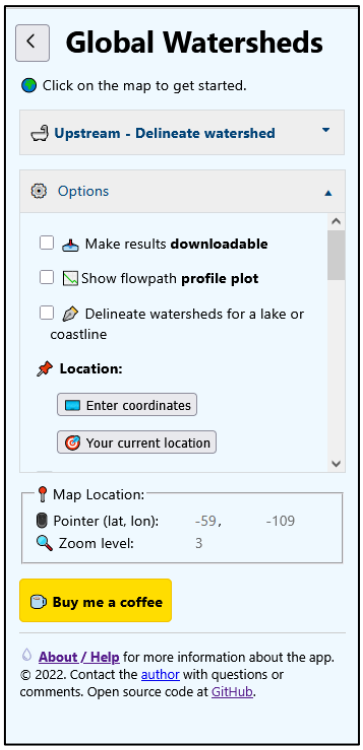
الف: منوی تنظیمات: این بخش شامل گزینه‌های مختلف برای ترسیم حوزه آبخیز، تنظیمات شکلی، گرفتن خروجی و گزارشات مختلف و نحوه ایجاد آن توضیح می‌دهد (شکل ۳).

ب: بخش دوم که قسمت اعظمی از صفحه سامانه را در برمی‌گیرد. شامل نقشه‌های مختلف جهانی است. نقشهStreet، به عنوان نقشه پیش فرض سایت در شکل ۳ نمایش داده شده است. با بزرگنمایی (Zoom) روی آن می‌توان به جزییات بیشتری از مناطق مختلف در سطح جهان دست یافت.

ج: دو ابزاری که در شکل ۳ نشان داده شده شامل، نقشه‌های مختلف در مقیاس جهانی و تنظیمات بصری آنها است.

۵- آماده‌سازی و تنظیمات اولیه

گام ۵-۱: باز کردن اپ و آشنایی با صفحه تنظیمات (شکل ۴)

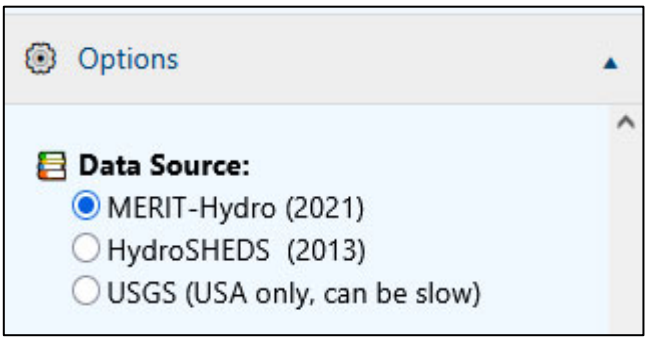


شکل ۴- صفحه تنظیمات سامانه

- پیام بالای صفحه: "Click on the map to get started."
- منوی کرکره‌ای در بالا، سمت چپ دارای دو حالت برای انتخاب است، Upstream یا Downstream.
- منوی کرکره‌ای یا پنل Options در سمت چپ شامل: Precision، Simplify، Beautify، Data Source، نمایش عناصر، سفارشی‌سازی رنگ‌ها و ضخامت خطوط.
- بخش Downloads در پایین پنل برای دریافت خروجی‌ها.
- نوار وضعیت/راهنما: Pointer (lat, lon)، Zoom level، Basemap، Opacity، Show hillshade.

گام ۵-۲: تنظیم منبع داده (Data Source)

- توصیه: ابتدا MERIT-Hydro (۲۰۲۱) را انتخاب کنید. در صورت نیاز به مقایسه، HydroSHEDS (۲۰۱۳) را هم امتحان کنید. برای داخل آمریکا، USGS نیز در دسترس است (ممکن است کند باشد). (شکل ۵).

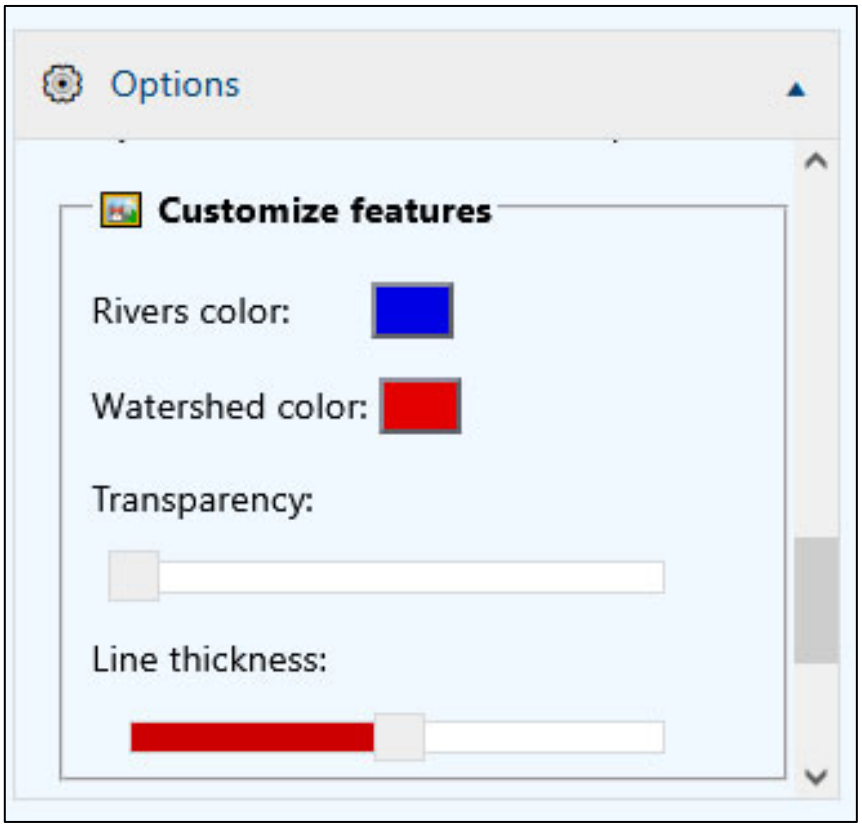


شکل ۵- انتخاب منبع داده از منوی Option

گام ۵-۳: تنظیمات بصری

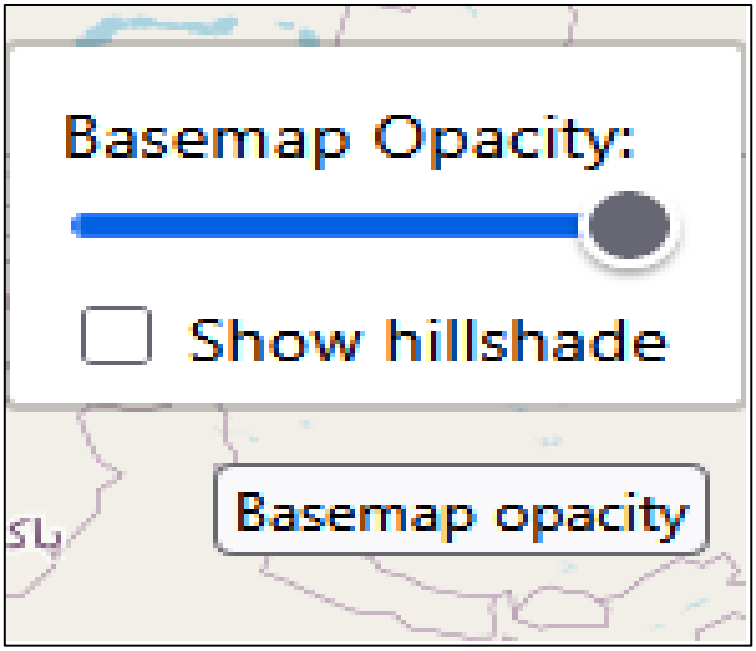
Customize features: برای تنظیم موارد ذیل استفاده می‌شود:

- Rivers color: رنگ شبکه رودخانه (مثلاً آبی پررنگ) را تنظیم می‌کند.
- Watershed color و Transparency: رنگ و شفافیت پلی‌گون حوضه را تغییر می‌دهد.
- Line thickness: ضخامت مرزها یا خطوط را تغییر می‌دهد.



شکل۶- تنظیم شفافیت و پستی بلندی از روی پنجره Base Capacity

- Basemap Opacity: شفافیت نقشه پایه را برای خوانایی بهتر رودخانه و یا حوضه کم و زیاد می کند.
- Show hillshade: با فعال کردن آن پستی‌وبلندی‌ها واضح‌تر دیده می‌شود.



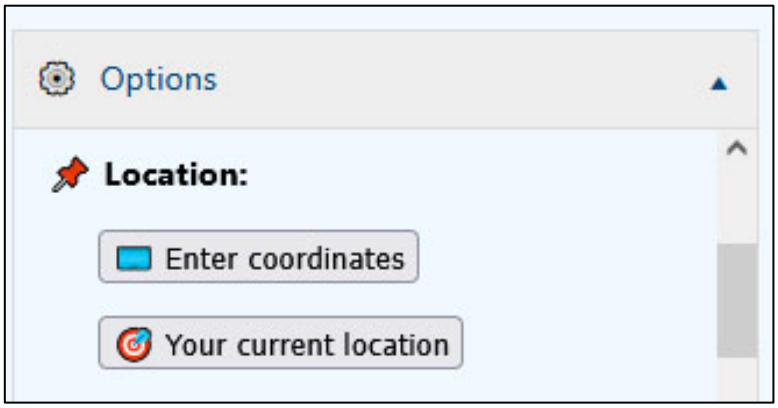
شکل۷- تنظیم شفافیت و پستی بلندی از روی پنجره Base Capacity

۶- تعیین نقطه و دقت تحلیل

گام ۶-۱: انتخاب موقعیت

گزینه‌ها در بخش Location:

- Enter coordinates: مختصات lat, lon را دستی وارد کنید.
- Your current location: از GPS/مرورگر استفاده کنید (اجازهٔ دسترسی لازم است).
- یا روی نقشه کلیک کنید؛ پاپ‌آپ ابزار ظاهر می‌شود.



شکل ۸- انتخاب موقعیت در منوی Option

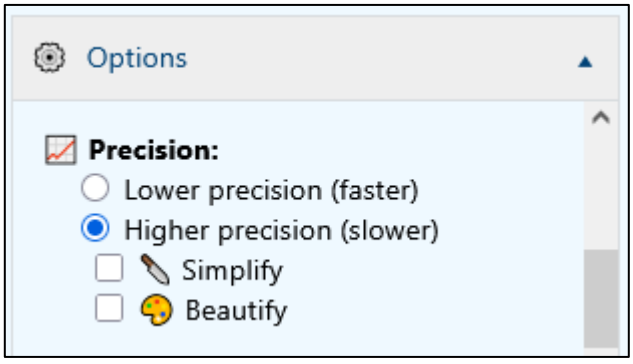
گام ۶-۲: دقت و کارایی (شکل ۹)

Precision:

- Lower precision (faster): مناسب مرور سریع یا مناطق وسیع.
- Higher precision (slower): برای نتایج نهایی و مرزهای دقیق‌تر.

❖ Simplify: هندسه‌ها را ساده‌تر می‌کند تا فایل‌ها سبک شوند (برای وب/اشتراک‌گذاری مناسب).

❖ Beautify: نرم‌سازی شکل مرز برای نمایش روان‌تر.



شکل۹- تعیین دقت کار در منوی Option

نکته مهم:

اگر روی خشکی مسطح یا دلتا کار می‌کنید، Higher precision و منبع MERIT توصیه می‌شود. اگر پردازش طول کشید، ابتدا Lower precision برای بررسی سریع استفاده کنید.

۷- ترسیم حوضه بالادست (Upstream)

گام ۷-۱: انتخاب حالت Upstream - Delineate watershed.

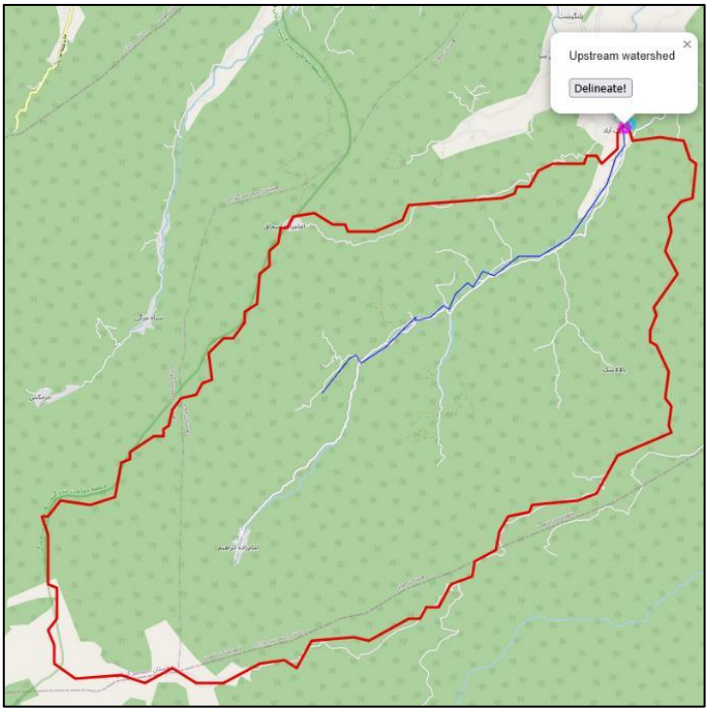
گام ۷-۲: روی نقطهٔ خروجی مدنظر کلیک کنید. در پاپ‌آپ، دکمه Delineate! را بزنید یا Enter را فشار دهید(شکل ۱۰).

- سامانه نقطهٔ شما را به نزدیک‌ترین آبراهه snap می‌کند. در Legend، Requested و Snapped to river تفاوت این دو را نشان می‌دهد.

گام ۷-۳: منتظر بمانید تا پردازش تکمیل شود. پیام وضعیت نمایش داده می‌شود.

گام ۷-۴: پس از اتمام، حاشیهٔ حوضه، شبکه رودخانه و نقطه خروجی طبق گزینه‌های نمایش ظاهر می‌شوند.

گام ۷-۴: Zoom to watershed or flowpath را بزنید تا نقشه روی نتیجه فوکوس کند.



شکل ۱۰- ترسیم حوضه بالادست نقطه خروجی مشخص‌شده

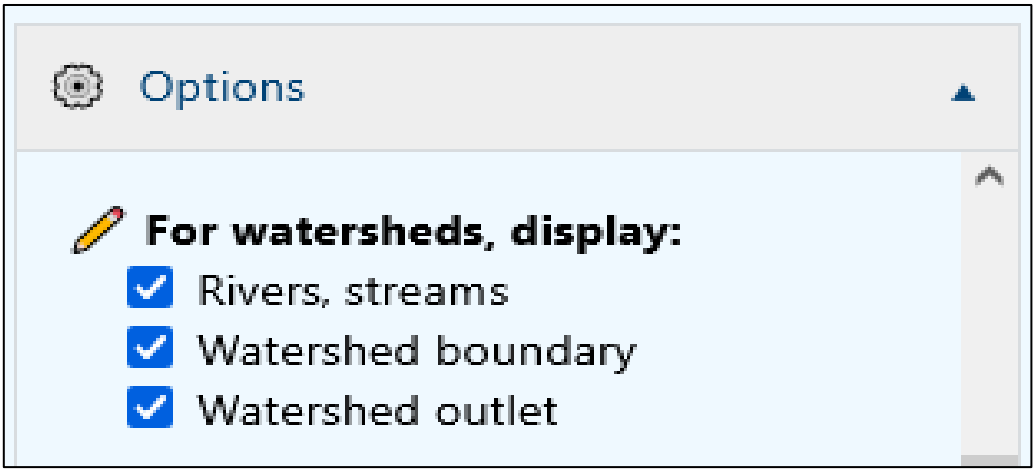
❖ کنترل نمایش برای حوضه (شکل ۱۱)

- منوی For watersheds, display :

Rivers, streams: برای خاموش و روشن کردن آبراهه‌ها.

Watershed boundary: برای خاموش و روشن کردن مرز حوضه.

Watershed outlet: برای خاموش و روشن کردن خروجی حوضه.



شکل ۱۱- کنترل نمایش برای حوضه در منوی Option

۸- ردیابی پایین‌دست (Downstream)

گام ۸-۱: حالت Downstream - Trace flow path را انتخاب کنید.

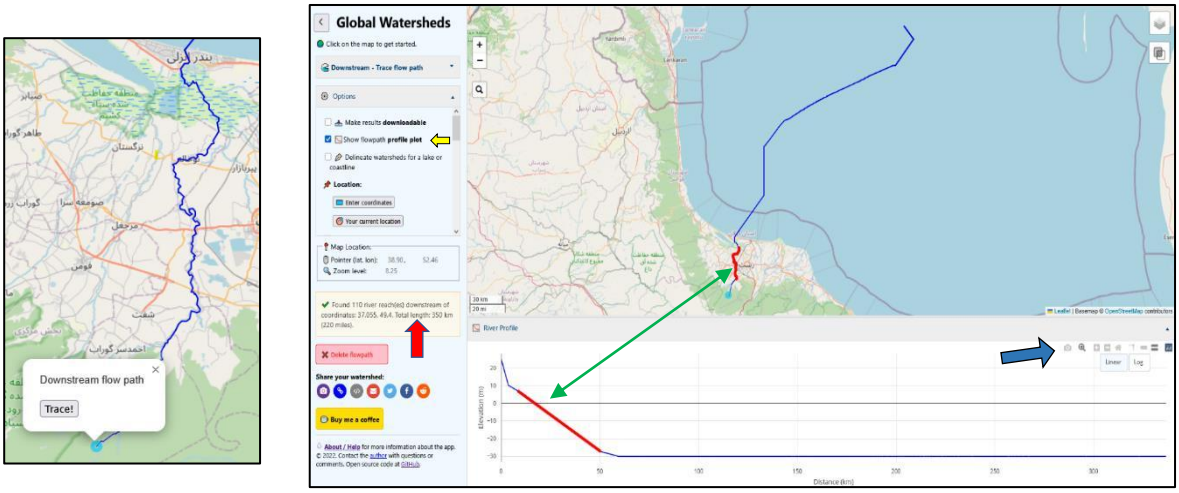
گام ۸-۲: روی نقطه یا آبراهه کلیک کنید و Trace را بزنید.

گام ۸-۳: مسیر جریان تا خروجی انتخابی سیستم (مثلاً دریاچه یا دریا) روی نقشه ترسیم می‌شود. موقعیت جغرافیایی و طول مسیر به کیلومتر در پایین سمت چپ قابل نمایش است (شکل۱۲، فلش قرمز رنگ).

گام ۸-۴: برای تحلیل طولی، Show flowpath profile plot را فعال کنید تا River Profile ظاهر شود.

گام ۸-۴-۱: پس از ترسیم مسیر، پنل River Profile ظاهر می‌شود و پروفایل طولی (ارتفاع بر حسب فاصله) را نمایش می‌دهد. این پروفیل به دو شکل خطی و لگاریتمی قابل نمایش است.

گام ۸-۴-۲: با کلیک بروی آیکن در این بخش می‌توان از پروفیل طولی با فرمت PNG خروجی گرفت. (شکل ۱۲، فلش آبی رنگ)



شکل۱۲- ردیابی مسیر آبراهه به سمت پایین‌دست و ترسیم پروفیل طولی آبراهه با فعال کردن Show flowpath profile در منوی Option

کاربردهای پروفیل طولی:

- تشخیص شیب‌های تند یا ملایم، افت انرژی، موقعیت‌های پتانسیل رسوب‌گذاری.
- مقایسهٔ بخش‌های مختلف مسیر برای طراحی شاخص‌های توپو-هیدرولوژیک

نکات تخصصی:

- برای بررسی اثرات آلودگی از یک نقطهٔ تخلیه، Downstream مفید است.
- برای بلندترین مسیر اصلی به خروجی، کلیک را نزدیک به channel mainstem انجام دهید.

۹- حالت ویژه دریاچه یا ساحل

گام ۹-۱: برای این منظور گزینه Delineate watersheds for a lake or coastline را فعال کنید (شکل ۱۳).

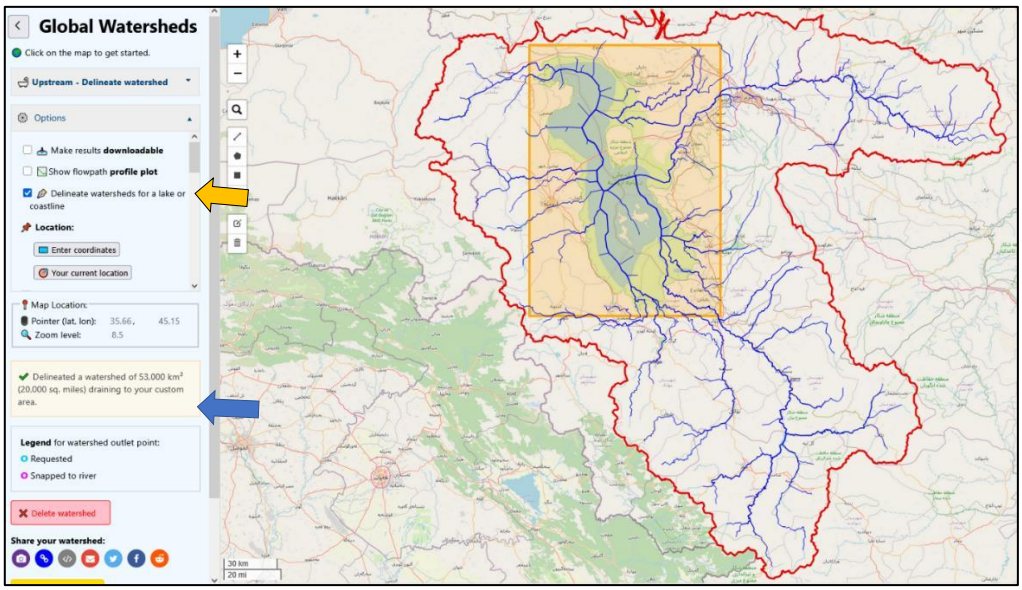
مرزبندی حوضه‌هایی که خروجی‌شان به دریاچه یا سواحل ختم می‌شود (کاربرد در مدیریت دریاچه، تالاب یا خلیج).

گام ۶-۲: پس از فعال کردن گزینه مذکور، نوار ابزار مربوطه در صفحه سامانه ظاهر می‌شود.

جدول۲- نوار ابزار ترسیم مرزحوضه های منتهی به دریاچه یا سواحل

ابزار	کاربرد
	برای ترسیم پلی‌لاین
	برای ترسیم پلی‌گون
	برای ترسیم مستطیل
	برای ترسیم دایره
	برای ویرایش مرز حوضه
	برای حذف کردن مرز حوضه

نکته: مساحت حوضه ترسیم شده نیز در قست پایین و چپ صفحه با کادر رنگ روشن مشخص است. (شکل۱۳، فلش آبی رنگ).



شکل۱۳- مرزبندی حوضه‌های منتهی به دریاچه یا سواحل

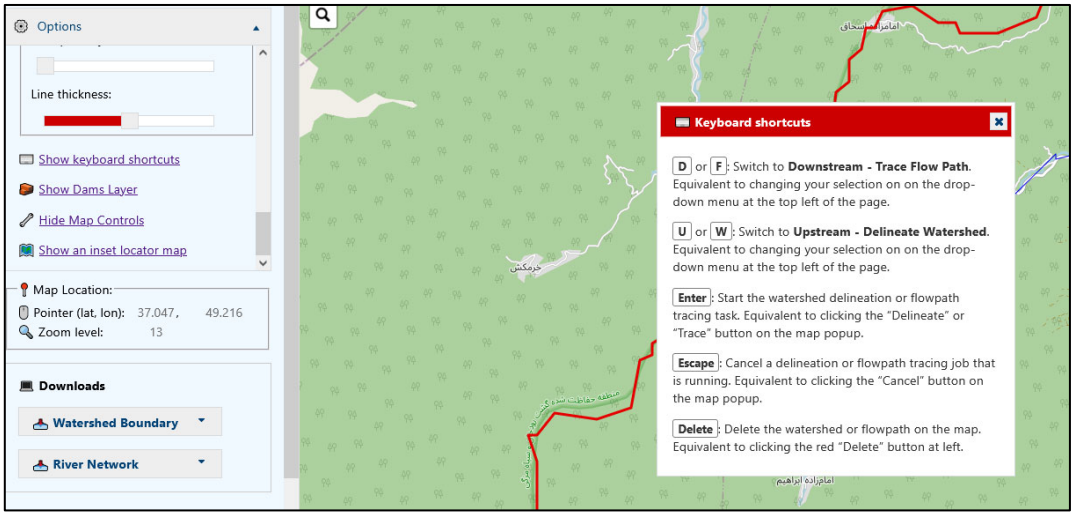
۱۰- لایه‌های مرجع و ابزارهای کمکی

گزینه Show keyboard shortcuts: راهنمای کلیدهای میانبر صفحه کلید را نمایش می‌دهد.

❖ کلیدهای میانبر و بهره‌وری: هنگام تولید چندین سناریو، می‌توان با کلیدهای میانبر سریع جابه‌جا شد و زمان پردازش را مدیریت کرد (شکل ۱۴).

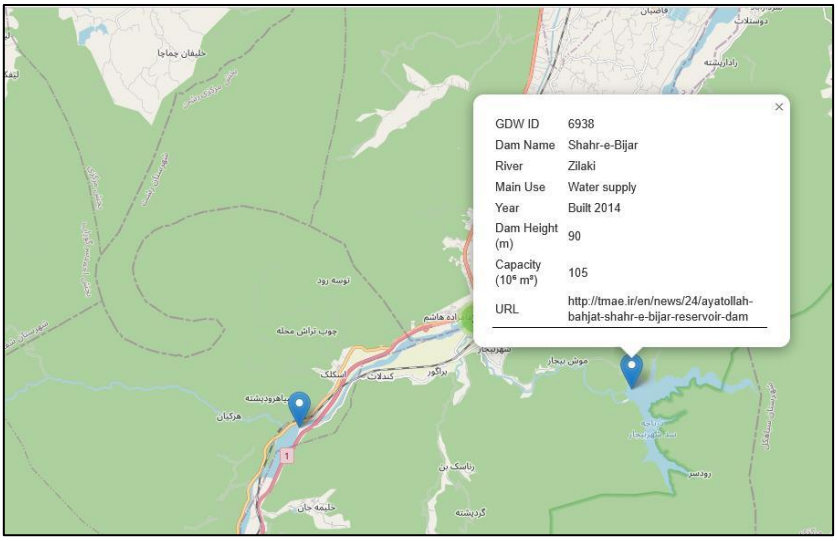
- U یا W: سوئیچ به Upstream

- D یا F: سوئیچ به Downstream
- Enter: شروع عملیات (Delineate یا Trace)
- Escape: لغو عملیات
- Delete: حذف نتیجه از نقشه



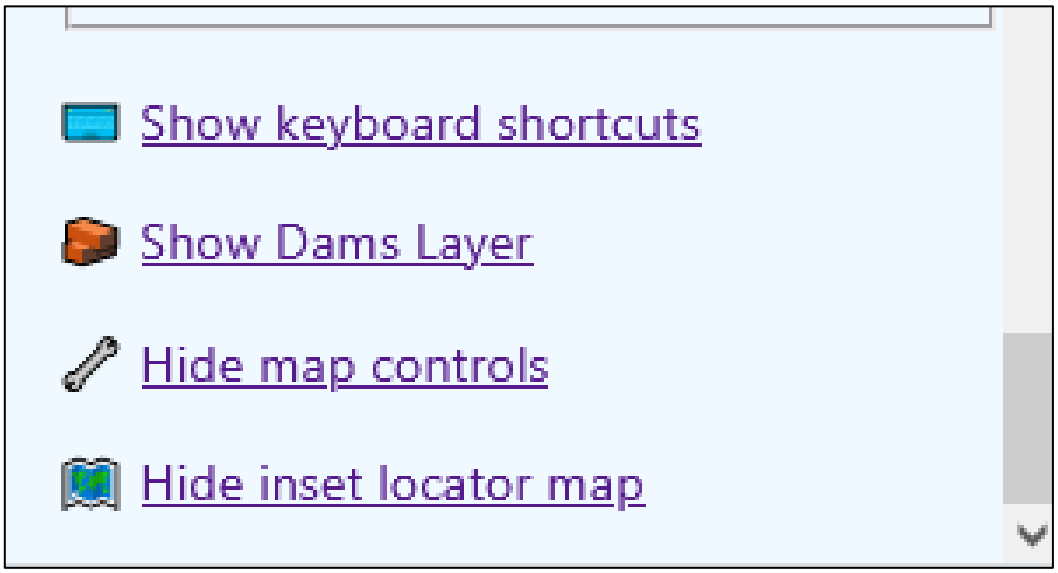
شکل۱۴- پنجره کلیدهای میانبر در منوی Option

گزینه Show Dams Layer: سدهای روی نقشه برای تحلیل اثر سد بر مسیر جریان نمایش می‌دهد. با کلیک کردن بروی علامت سد اطلاعاتی ازجمله کد سد، اسم سد و رودخانه آن، ارتفاع و ظرفیت سد و هدف از احداث آن را ارائه می‌دهد. (شکل ۱۵)



شکل۱۵- نمایش سدها و اطلاعات آن

- گزینه Hide map controls: برای روشن و خاموش کردن ابزارهای صفحه اصلی وب آپ استفاده می‌شود.
- گزینه Hide inset locator map: برای فعال‌کردن نقشه مکان‌یاب کوچک در قسمت پایین صفحه اصلی سامانه بکار می‌رود.(شکل۱۶).



شکل ۱۶- ابزارهای کمکی در منوی Option

۱۱- تولید و دانلود خروجی‌ها

گام ۱۱-۱: گزینه Make results downloadable را روشن کنید.

گام ۱۱-۲: پس از تکمیلdelineation/trace ، به بخش Downloads بروید.

گام ۱۱-۳: برای هر لایه، یکی از فرمت‌ها را انتخاب کنید:

- Watershed Boundary: GeoPackage، Shapefile، GeoJSON، KML
- River Network: GeoPackage ، Shapefile، GeoJSON، KML

گام ۱۱-۴: پس از کلیک، پیام "Your download request was sent. Please wait." نمایش داده می‌شود. صبر کنید تا فایل آماده شود.

گام ۱۱-۵: فایل‌ها را درQGIS یا ArcGIS باز کنید.

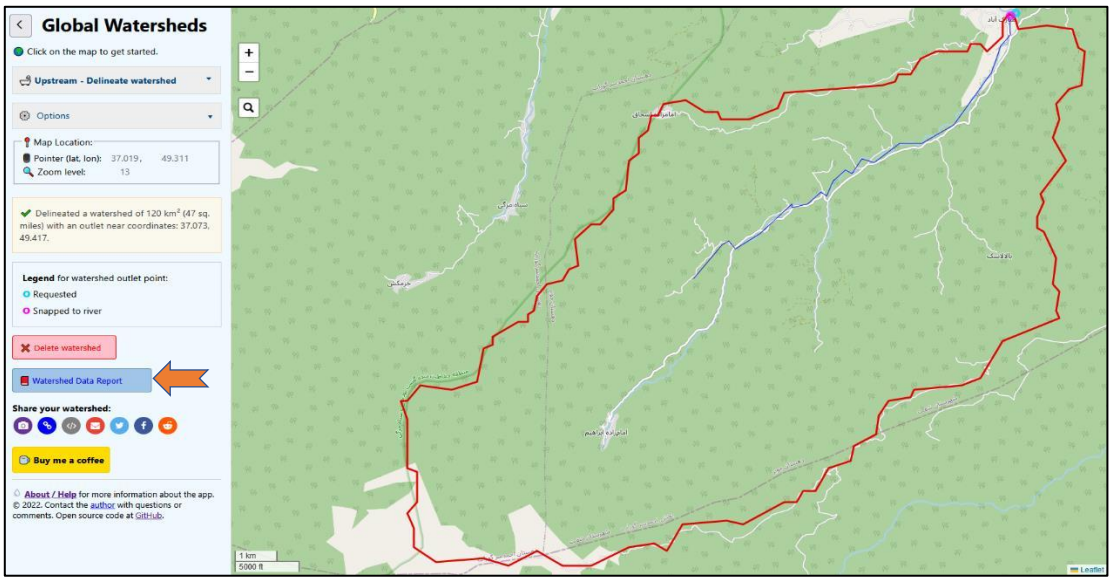
توضیح فرمت‌ها:

- GeoPackage: برای پروژه‌های حرفه‌ای توصیه می‌شود.
- GeoJSON: برای وب و اشتراک سریع سبک‌تر است.
- Shapefile: داده وکتور یا برداری است.
- KML: برای نمایش در گوگل ارث کاربرد دارد.

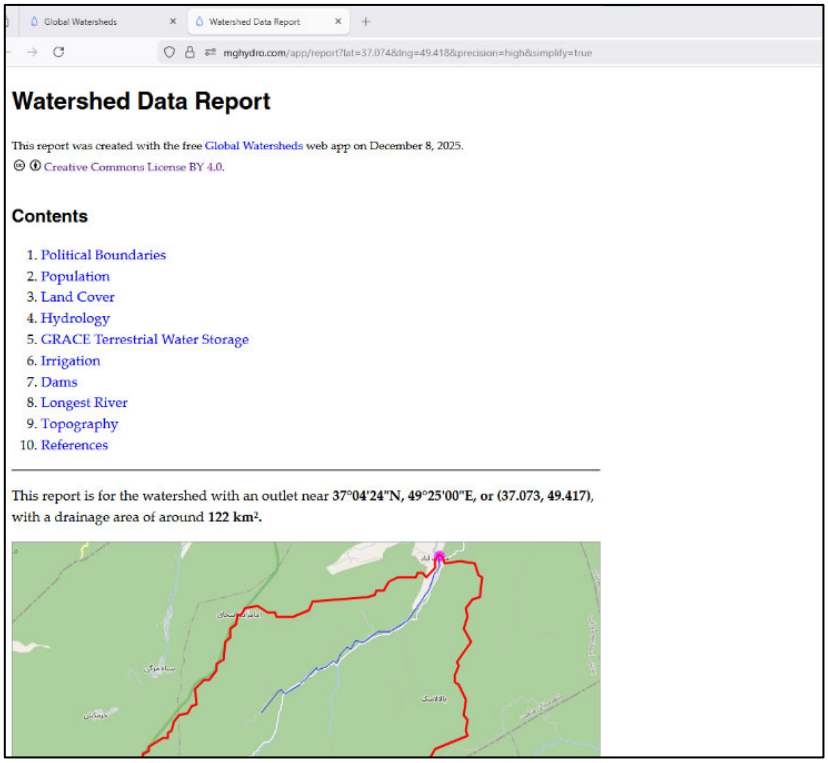
شکل ۱۷- نحوه خروجی گرفتن از حوضه و آبراهه ها

۱۲- گزارش و مستندسازی

یکی از بخش‌های مهم سامانه تهیه گزارش از حوضه مورد مطالعه است. برای دستیابی به این بخش پس از مشخص کردن حوضه مورد نظر در بخش نوار سمت چپ سامانه گزینه Watershed Data Report فعال می‌شود. (شکل ۱۸، فلش نارنجی رنگ). با کلیک کردن بروی آن به صفحه گزارش حوضه مورد نظر هدایت خواهید شد. (شکل ۱۹)



شکل ۱۸- گزارش‌گیری از حوضه ترسیم شده



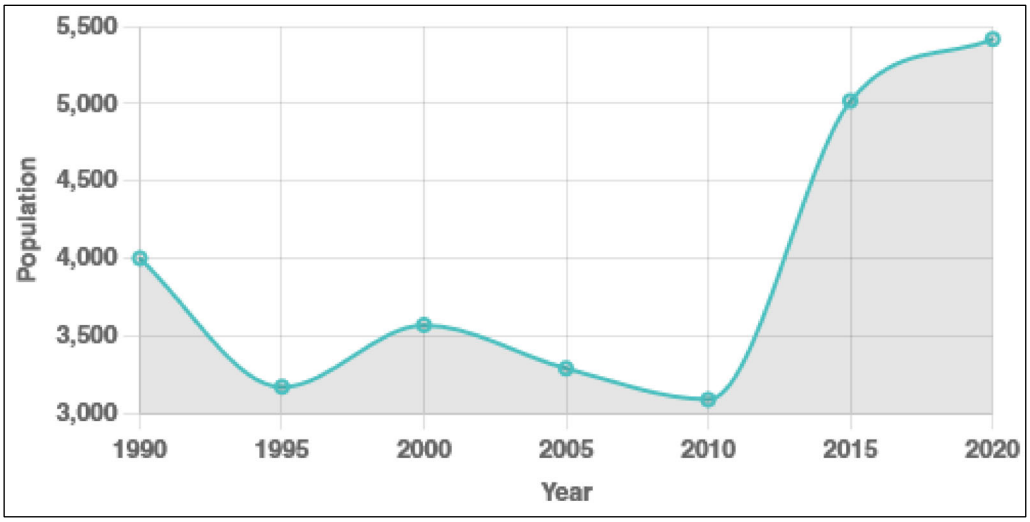
شکل ۱۹- صفحه گزارشات حوضه ترسیم‌شده

۱۲-۱- گزارش‌های حوضه ترسیم‌شده:

گزارش‌های حوضه مورد نظر شامل بخش‌های مختلفی است که برای هر کدام توضیح مختصری ارائه خواهد شد.

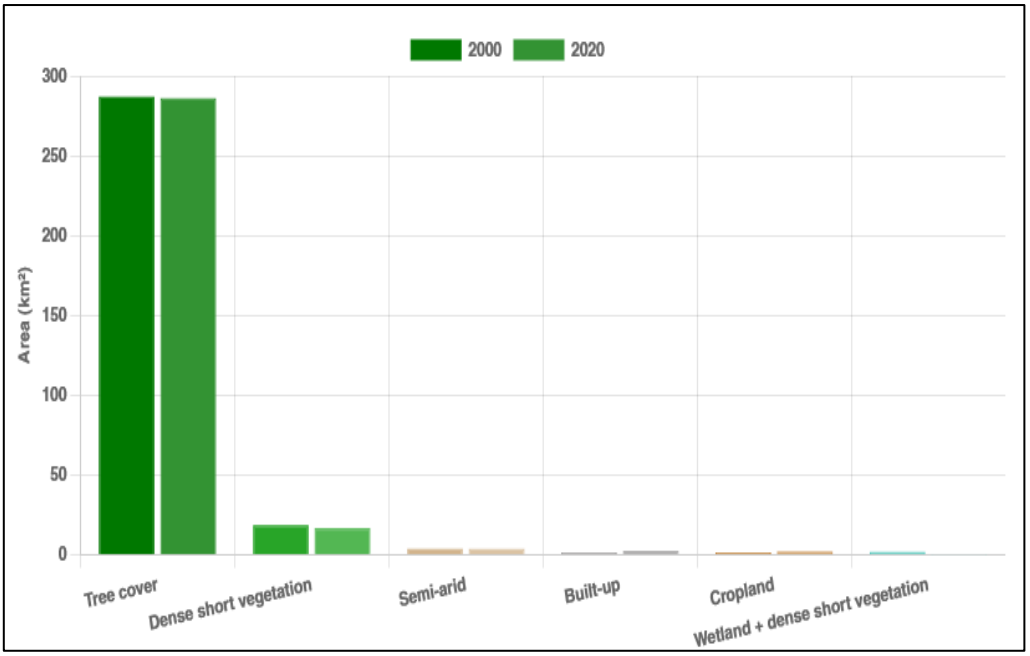
- مرزهای سیاسی: این قسمت در مورد محدوده قرارگیری حوضه موردنظر در شهر و استان توضیح می‌دهد. همچنین داده‌های مربوطه را از سایت https://www.naturalearthdata.com دریافت می‌کند.
- اطلاعات جمعیتی: حدود جمعیتی حوضه را تخمین براورد می‌کند. همچنین تغییرات جمعیتی حوضه را نیز از سال ۱۹۹۰ ت ۲۰۲۰ به‌صورت نمودار نشان می‌دهد (شکل ۲۰).

نکته: داده‌های جمعیت از مجموعه داده GlobPop، تهیه شده توسط محققان دانشگاه عادی پکن گرفته شده است (Liu، ۲۰۲۴).



شکل ۲۰- تغییرات جمعیتی حوضه از ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰

پوشش زمین: مساحت کاربری‌های موجود در حوضه را ارائه می‌دهد. همچنین سطح تغییرات کاربری‌های اراضی حوضه موردنظر را در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰ در قالب نمودار و جدول مقایسه می‌کند. (شکل ۲۱ ، جدول ۳). در ادامه در تاثیر تغییر کاربری اراضی بروی زندگی انسان و محیط زیست صحبت می‌کند.



شکل ۲۱- تغییرات کاربری اراضی حوضه در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰

جدول ۳- کاربری اراضی حوضه در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰

Land Cover Type	Area in 2000, km^2	Area in 2020, km^2	Change
Tree cover	287	286	0%
Dense short vegetation	19	17	-10%
Semi-arid	3.8	3.8	-1%
Built-up	1.5	2.5	66%
Cropland	1.5	2.0	37%
Wetland+ Dense short vegetation	1.9	0.4	-80%

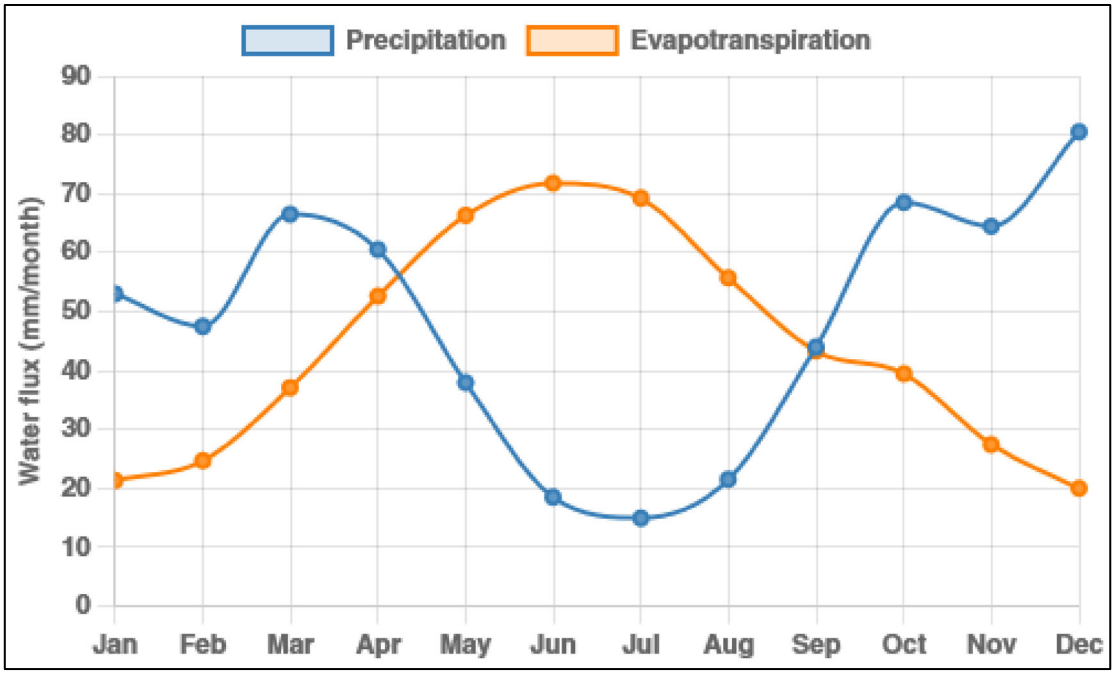
نکته:

داده‌های پوشش زمین از GLAD[1] گرفته شده است (Potapov و همکاران، ۲۰۲۲). این مجموعه داده که توسط محققان دانشگاه مریلند ایجاد شده است، به‌صورت آنلاین موجود در سایت https://glad.umd.edu/dataset/GLCLUC2020 است. طبقه‌بندی کاربری‌ها براساس تصاویر ماهواره‌ای لندست و ابزارهای یادگیری ماشین انجام می‌شود.

گزارش هیدرولوژی حوضه:

- این بخش شامل میانگین بارش (برف و باران) دراز مدت و میانگین تبخیر و تعرق حوضه مورد نظر است. همچنین تغییرات این دو پارامتر را به‌صورت نمودار در ماه‌های مختلف نمایش می‌دهد (شکل ۲۲).

[1] Global Land Cover and Land User Change, 2000-2020

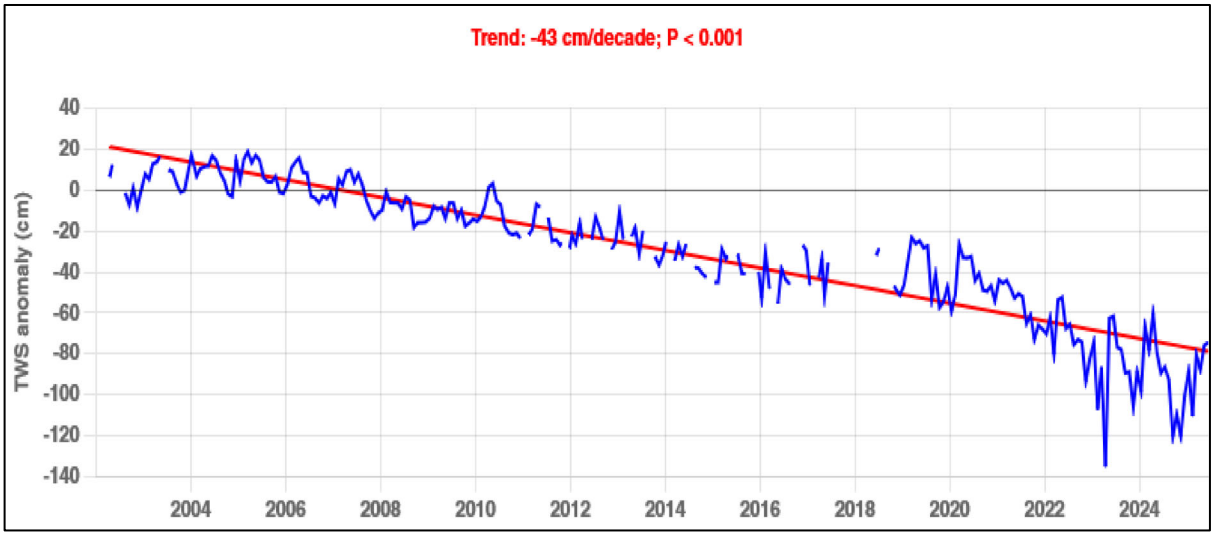


شکل ۲۲- میانگین تغییرات درازمدت بارش و تبخیروتعرق در حوضه موردنظر در ماه‌های مختلف سال (۱۹۰۱-۲۰۱۸)

نکته:

داده‌های بارش از سایت worldclima، گرفته شده است. این سایت یک مجموعه داده شبکه‌بندی شده جهانی توسط محققان دانشگاه East Anglia طراحی شده است (Harris و همکاران، ۲۰۲۰). این داده‌ها براساس کوچک‌مقیاس‌سازی و اصلاحات لازم از مجموعه داده CRU-TS گرفته شده است (Fick &Hijmans، ۲۰۱۷). این‌کار براساس مجموعه بزرگی از مشاهدات ایستگاهی در بازه زمانی ۱۹۰۱ تا ۲۰۱۸ انجام شده است. تبخیر و تعرق نیز از یک مجموعه داده، GLEAM (Global Land Evaporation Amsterdam Model) v3.6B، استفاده و داده‌های مدل‌سازی و سنجش از دور را ترکیب می‌کند (Miralles و همکاران، ۲۰۱۱؛ Martens و همکاران، ۲۰۱۷). این تخمین‌ها برای مقیاس جهانی قابل استفاده هستند.

- همچنین ناهنجاری ذخیره آب زیرزمینی حوضه را با استفاده از ماهواره Grace از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۵ به‌صورت نمودار نشان داده و خط روند آن را ترسیم می‌کند (شکل ۲۳).



شکل ۲۳- ذخیره آب زیرزمینی حوضه را با استفاده از ماهواره در سال‌های مختلف

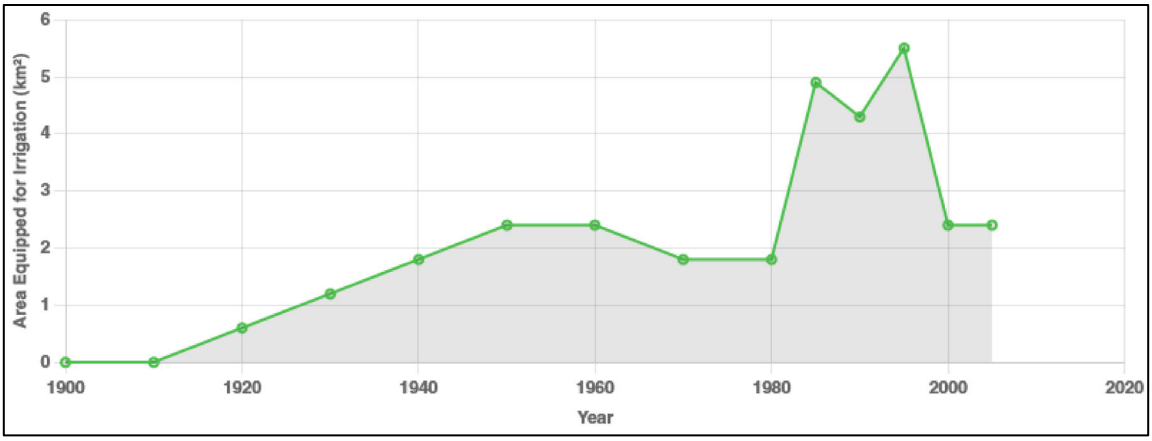
نکات مهم:

الف: نمودار ذخیره آب زیرزمینی حالت دینامیک داشته و با بزرگ‌نمایی آن می‌توان تغییرات را در ماه‌های مختلف سال در دوره آماری مورد نظر نمایش داد.

ب: ماهواره Grace: این ماهواره اندازه‌گیری‌های بسیار دقیقی از میدان گرانشی زمین انجام می‌دهند و اندازه‌گیری‌هایی از تغییرات جرم آب را در مقیاس زمانی ماهانه ارائه می‌دهند. این اندازه‌گیری‌ها به ما نشان می‌دهند مقدار آب در مقایسه با یک خط پایه چگونه تغییر کرده است. اندازه‌گیری آن شامل همه اشکال آب، ازجمله آب موجود در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و مخازن، رطوبت خاک، آب‌های زیرزمینی، یخچال‌های طبیعی، برف و یخ می‌شود. داده‌های ماهواره از مرکز تحقیقات فضایی در دانشگاه تگزاس، آستین گرفته شده است (Save و همکاران، ۲۰۱۶ و Save ، ۲۰۲۰).

- گزارش مناطق تحت آبیاری در حوضه:

❖ اطلاعاتی در مورد زمین تحت آبیاری در حوضه را طی ۱۰۵ سال از ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۵ به‌صورت نمودار نمایش می‌دهد (شکل ۲۴). برای این‌کار از یک یک مجموعه داده جهانی منتشرشده توسط یک تیم بین‌المللی استفاده می‌کند (Siebert و همکاران، ۲۰۱۵).



شکل ۲۴- سطح تغییرات مناطق تحت آبیاری در حوضه از ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۵

سدهای موجود در حوضه:

❖ در این بخش در مورد سدهای موجود در حوضه گزارش می‌دهد. اطلاعات مختلفی از سد از جمله اسم، رودخانه، ارتفاع، ظرفیت، موقعیت جغرافیایی سد و همچنین تاریخ بهره‌برداری و هدف از احداث آن را به‌صورت جدول ارائه می‌دهد (شکل ۲۵).

جدول ۴- نمونه جدول اطلاعات سد در حوضه موردنظر

Dam Name	Reservoir Name	River	Main Use	Year	Dam Heigt (m)	Capacity (10^6 m^3)	Latitude	Longitude	URL
Shahr-e-Bijar	-	Zilaki	Water Supply	Built 2014	90.0	105	37.001	49.693	link

نکته:

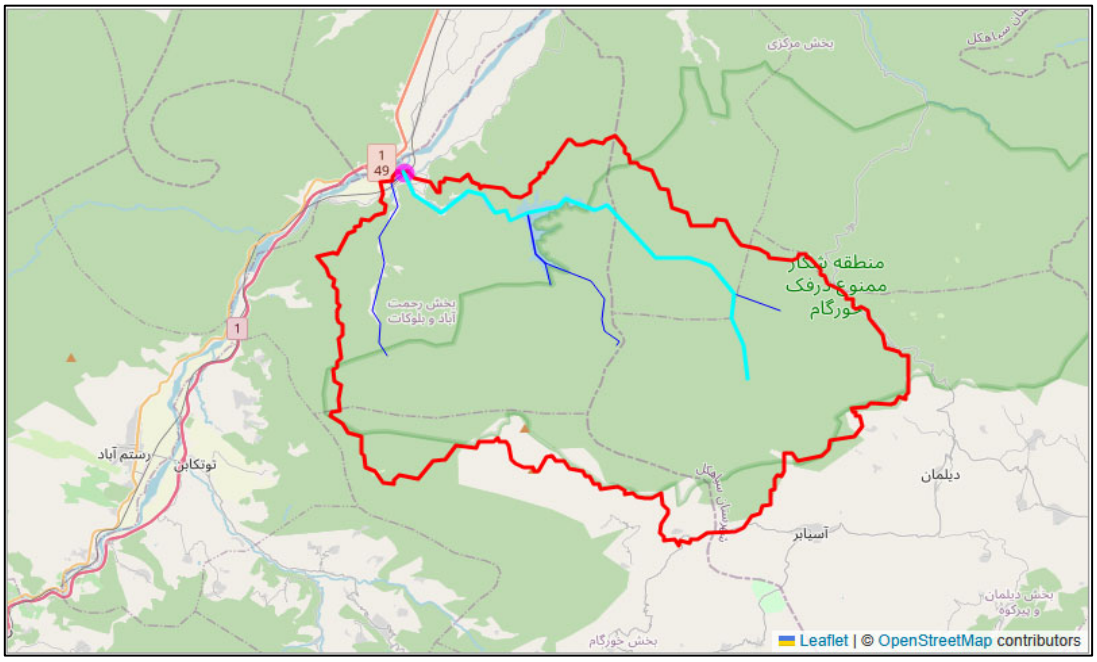
داده‌های مربوط به سدها از پایگاه داده Global Dam Watch database که در ژوئیه ۲۰۲۴ منتشر شده، گرفته شده است. Global Dam Watch یک پایگاه داده و پلتفرم جهانی است که برای پایش، نقشه‌برداری و گردآوری اطلاعات سدهای جهان ایجاد شده است. این پروژه با هدف بهبود دسترسی به داده‌های مرتبط با سدها، مخازن و زیرساخت‌های آبی طراحی شده است و معمولاً توسط نهادهای پژوهشی، دانشگاهی و سازمان‌های بین‌المللی استفاده می‌شود. برای دریافت جزئیات بیشتر، می‌توانید به مقاله محققان ارشد دانشگاه مک‌گیل (Lehner و همکاران، ۲۰۲۴) مراجعه کنید.

طولانی‌ترین آبراهه در حوضه:

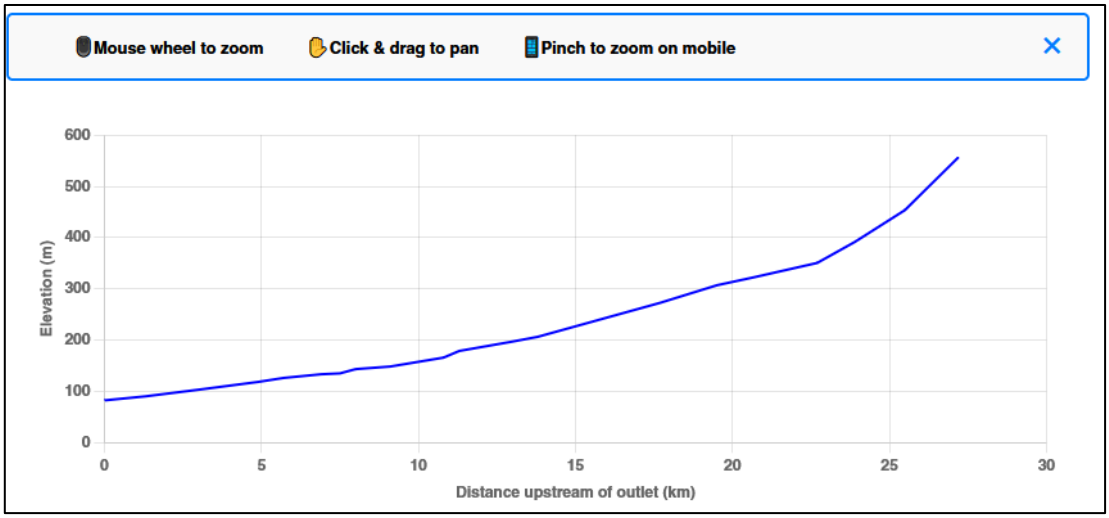
❖ طولانی‌ترین آبراهه حوضه را بروی صفحه سایت مشخص کرده و مقدار طول آبراهه را نیز محاسبه می‌کند (شکل ۲۵). همچنین پروفیل طولی آبراهه را نمایش می‌دهد (شکل ۲۶). پروفیل طولی آبراهه قابلیت بزرگنمایی داشته و می‌توان به جزییات بیشتری دست یافت.

نکته:

این سامانه برای ترسیم این بخش از مدل رقومی ارتفاعی اصلاحی MERIT-DEM استفاده می‌کند (Yamazaki و همکاران، ۲۰۱۷). فواصل واقعی روی نمودار ممکن است تا حدودی کمتر از حد واقعی تخمین زده شوند. دلیل آن این است که مسیرهای رودخانه بر اساس داده‌های شبکه‌ای یا رستری هستند که مسیر پیچ و خم رودخانه‌های دنیای واقعی را ساده می‌کند.



شکل ۲۵- مشخص‌کردن طولانی‌ترین آبراهه در حوضه



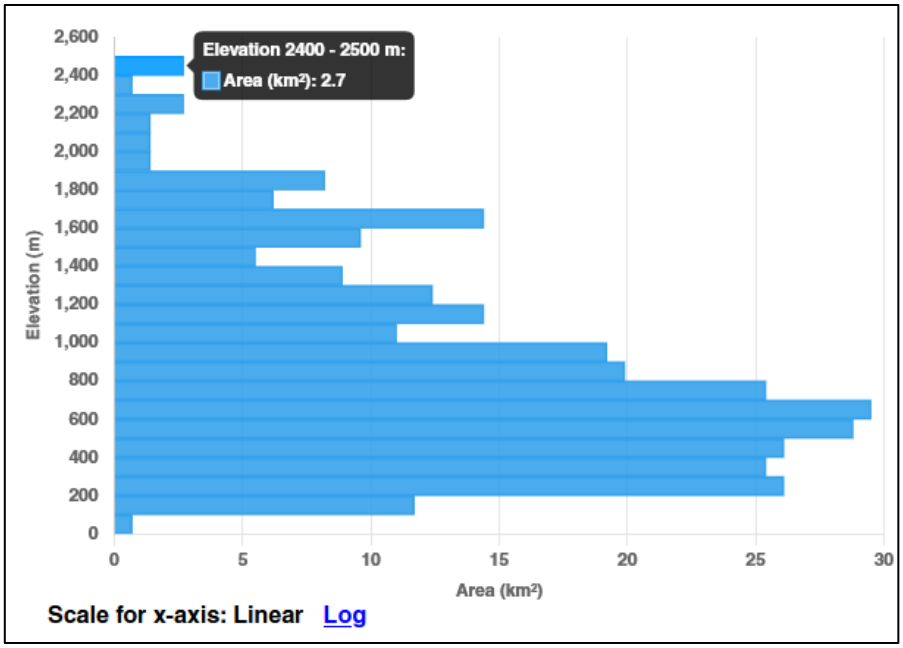
شکل ۲۶- پروفیل طولی آبراهه

اطلاعات توپوگرافی حوضه:

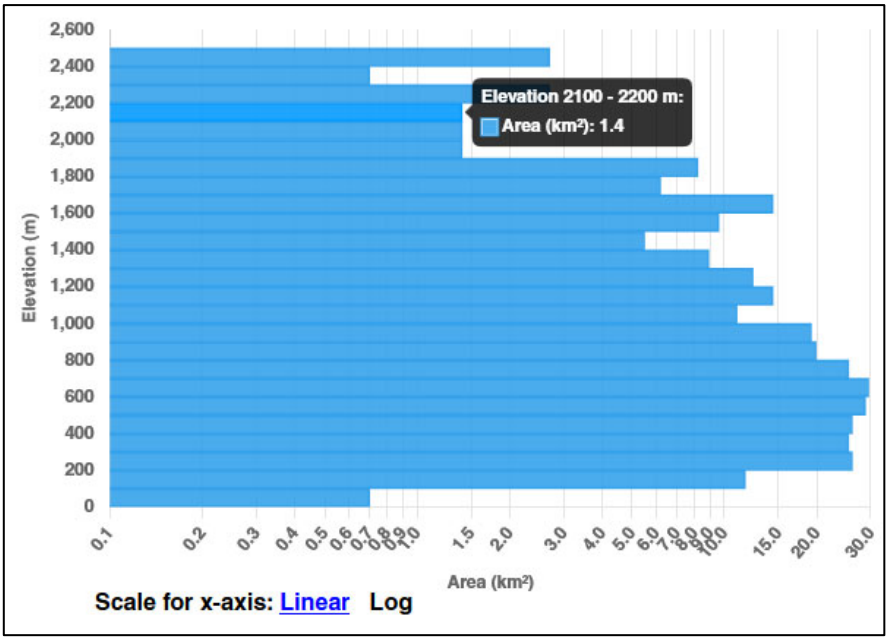
- این بخش در مورد دامنه ارتفاعی و میانگین آن در حوضه مورد نظر اطلاعاتی بدست می‌دهد. همچنین توزیع طبقات ارتفاعی حوضه و مساحت هر کدام را به‌صورت نمودار در دو مقیاس خطی و لگاریتمی نمایش می‌دهد (شکل‌های ۲۷ و ۲۸).

نکته:

همان‌طور که در شکل‌های ۲۷ و ۲۸ مشخص شده با قرارگرفتن اشاره‌گر موس روی هر یک از طبقات پنجره مشکی کوچکی نمایان می‌شود که اطلاعات طبقه و میزان مساحت آن را به کیلومترمربع نمایش می‌دهد.



شکل ۲۷- نمودار توزیع طبقات ارتفاعی حوضه در مقیاس خطی



شکل ۲۸- نمودار توزیع طبقات ارتفاعی حوضه در مقیاس لگاریتمی

نکته:

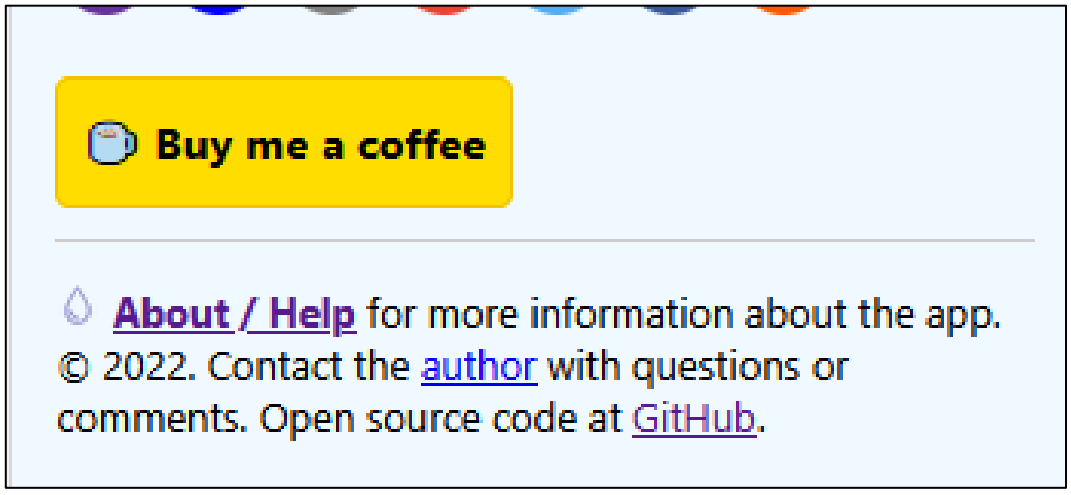
داده‌های ارتفاعی توسط EarthEnv ارائه شده (Amatulli و همکاران، ۲۰۲۱) و براساس مجموعه داده‌های Global Multi-resolution Terrain Elevation Data تهیه شده است. داده‌ها در مقیاس‌های جهانی بیشتر قابل اعتماد هستند.

۱۳- نکات مهم و کلیدی

- انتخاب نقطه:
  - روی آبراهه اصلی کلیک کنید یا از Enter coordinates برای دقت بالا استفاده کنید.
  - به Snap به رودخانه توجه کنید؛ اگر Requested و Snapped فاصله زیادی دارند، مختصات را اصلاح کنید.
- دقت و کارایی:
  - برای مرور سریع، Lower precision + Simplify مناسب است.
  - برای نتایج نهایی، Higher precision + عدم Simplify (یا Simplify حداقلی) را به‌کار ببرید.
- منبع داده:
  - در مناطق هموار یا ساحلی، MERIT غالباً مرزبندی بهتری ارائه می‌دهد؛ HydroSHEDS را برای اعتبارسنجی استفاده کنید.
  - USGS فقط برای USA بوده و ممکن است کند باشد؛ در آمریکا کاربرد بهتری دارد.
- کنترل بصری:
  - شفافیت حوضه را طوری تنظیم کنید که لایه رودخانه و زمینه توپوگرافی دیده شوند.
  - Hillshade را در کوهستان‌ها فعال نگه دارید.
- دانلود:
  - اگر فایل‌ها بزرگ‌اند، ابتدا فقط Flow path یا Boundary را بگیرید. سپس در GIS با Zonal Stats به رسترهای دیگر آمار بدهید.
- کیفیت و صحت:
  - نتایج را با داده‌های مرجع محلی یا ایستگاه‌های هیدروگرافی مقایسه کنید.
  - در دلتـاها امکان چند شبکه‌ای بودن جریان وجود دارد. مسیر پایین‌دست را با لایه سدها و تصاویر ماهواره‌ای تطبیق دهید.

۱۴- پشتیبانی و ارتباط

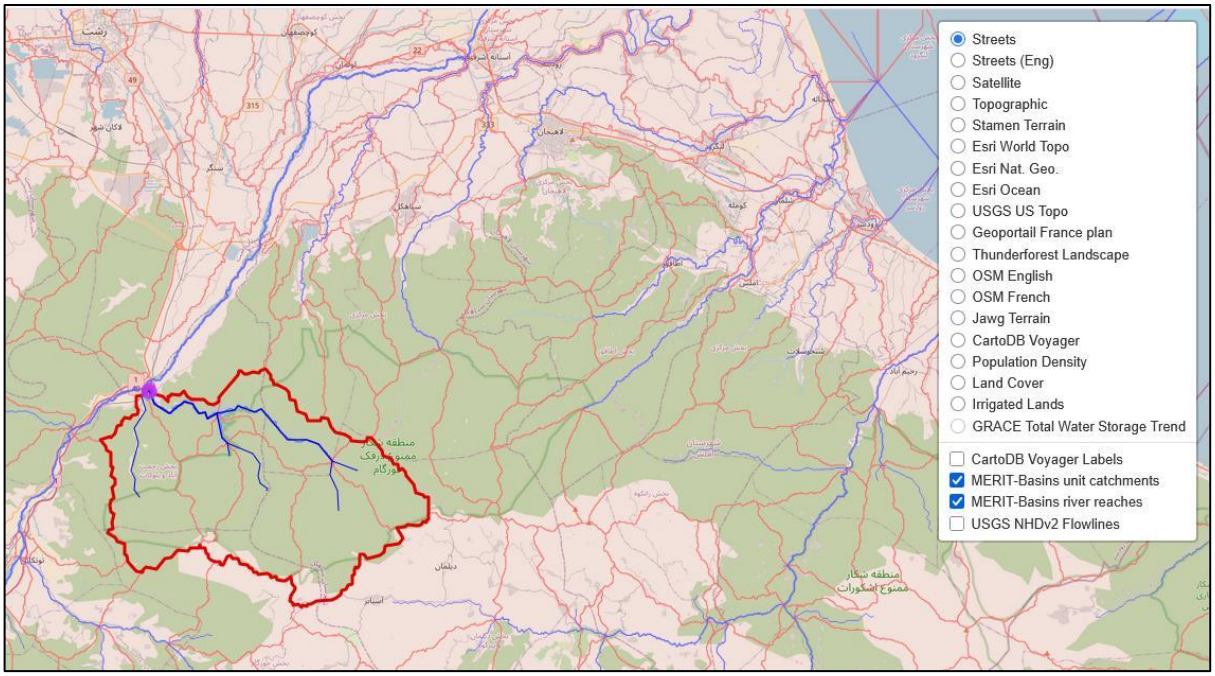
- About / Help: برای راهنمای داخلی و اطلاعات بیشتر می‌توان استفاده کرد.
- Contact the author: به منظور پرسش یا بازخورد کاربرد دارد.
- Open source code at GitHub: به‌منظور دسترسی به کد متن‌باز سامانه قابل استفاده است.
- Buy me a coffee: به‌منظور حمایت مالی برای تداوم این سرویس در نظر گرفته شده است (شکل ۲۹).



شکل ۲۹- پشتیبانی و ارتباط در سامانه

۱۵- آیکن :

در قسمت سمت راست بالای صفحه اصلی این آیکن قرار دارد. با کلیک کردن بروی آن پنجره جدید باز می‌شود. این پنجره شامل لایه‌های مختلفی در مقیاس جهانی است. ازجمله این لایه‌ها می‌توان به لایه‌ها ارتفاعی، خطوط توپوگرافی، کاربری اراضی، مناطق تحت آبیاری، مرز حوضه‌ها، آبراهه‌ها، تراکم جمعیتی، نقشه ماهواره‌ای و لایه خیابان‌ها و .... اشاره کرد (شکل ۳۰).



شکل ۳۰- نمایش لایه‌های مختلف در سامانه

۱۶- نتیجه‌گیری

سامانه Global Watersheds یک پلتفرم تخصصی برای تحلیل و مشاهده حوزه‌های آبخیز است که مجموعه‌ای از داده‌های مکانی، لایه‌های هیدرولوژیکی و ابزارهای بصری‌سازی را در مقیاس‌های محلی تا جهانی در اختیار کاربران قرار می‌دهد. این سایت برای افرادی مناسب است که به‌دنبال بررسی ساختار حوضه‌ها، مسیر جریان‌ها، شبکه زهکشی و ویژگی‌های جغرافیایی مرتبط هستند.

قابلیت‌های سامانه بیشتر بر نمایش نقشه‌ها، استخراج اطلاعات حوضه‌ها، محاسبه مسیر آبراهه‌ها و دریافت داده‌های پایه متمرکز است و برای کارهای مطالعاتی اولیه، تهیه گزارش‌های میدانی و درک سریع از وضعیت یک منطقه کاربرد دارد. محیط سامانه ساده و مبتنی بر نقشه است و بدون نیاز به نرم‌افزارهای جانبی مانند GIS قابل استفاده است.

در نهایت، این پلتفرم ابزار کاملی برای مدل‌سازی پیشرفته ارائه نمی‌دهد، اما برای تحلیل اولیه، بررسی توپوگرافی حوضه، تعیین نقطه خروجی و دریافت داده‌های ساختاری حوزه‌های آبخیز گزینه‌ای قابل‌اتکا و سریع است. استفاده از آن می‌تواند بخش قابل توجهی از زمان تحلیل‌های مقدماتی را کاهش دهد و پایه مناسبی برای ادامه کارهای دقیق‌تر در نرم‌افزارهای تخصصی‌تر باشد.

۱۷- منابع مورد استفاده

- Amatulli, G., Domisch, S., Tuanmu, M.N., Parmentier, B., Ranipeta, A., Malczyk, J. & Jetz, W. 2018. A suite of global, cross-scale topographic variables for environmental and biodiversity modeling. Scientific Data. 5(1): 180040. https://doi.org/10.1038/sdata.2018.40
- Danielson, J.J., & Gesch, D. 2011. *Global multi-resolution terrain elevation data 2010 (GMTED2010)* (USGS Open-File Report 2011-1073). U.S. Geological Survey. 26 p. https://doi.org/10.3133/ofr20111073.
- Fick, S.E. and R.J. Hijmans. 2017. WorldClim 2: New 1-km Spatial Resolution Climate Surfaces for Global Land Areas. International Journal of Climatology 37 (12): 4302–15. https://doi.org/10.1002/joc.5086.
- Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P. et al. 2020. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Scientific Data 7, 109. 18 p. https://doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3.
- https://Global Watersheds.
- Lehner, B., Beames, P., Mulligan, M. et al. 2024. The Global Dam Watch database of river barrier and reservoir information for large-scale applications. Scientific Data 11, 1069. 18 p. https://doi.org/10.1038/s41597-024-03752-9.
- Lin, P., Pan, M., Wood, E.F., Yamazaki, D. & Allen, G.H. 2021. A new vector-based global river network dataset accounting for variable drainage density. Scientific Data, 8(1): 28.
- Liu, L., Cao, X., Li, S. and Jie, N. 2024. A 31-Year (1990–2020) Global Gridded Population Dataset Generated by Cluster Analysis and Statistical Learning. Scientific Data 11, no. 1 (January 24, 2024): 124. 14 p. https://doi.org/10.1038/s41597-024-02913-0.
- Martens, B., Miralles, D.G., Lievens, H., van der Schalie, R., de Jeu, R.A.M., Fernández-Prieto, D., Beck, H.E., Dorigo, W.A. and Verhoest, N.E.C. 2017. GLEAM v3: satellite-based land evaporation and root-zone soil moisture, Geoscientific Model Development, 10, 1903–1925. https://doi.org/10.5194/gmd-10-1903-2017.
- Miralles, D.G., Holmes, T.R.H., de Jeu, R.A.M., Gash, J.H., Meesters, A.G.C.A., Dolman, A.J. 2011. Global land-surface evaporation estimated from satellite-based observations, Hydrology and Earth System Sciences. 15: 453–469. https://doi.org/10.5194/hess-15-453-2011.
- Potapov, P., Hansen, M.C., Pickens, A., Hernandez-Serna, A., Tyukavina, A., Turubanova, S., Zalles, V., Li, X., Khan, A., Stolle, F., Harris, N., Song, X.-P., Baggett, A., Kommareddy, I., Kommareddy, A. 2022. The global 2000-2020 land cover and land use change dataset derived from the Landsat archive: first results. Frontiers in Remote Sensing. 3:856903. 22p. https://doi.org/10.3389/frsen.2022.856903.
- Save, H., Bettadpur, S. and Tapley, B.D. 2016. High resolution CSR GRACE RL05 mascons. Journal of Geophysical Research Solid Earth. 121, 7547–7569. https://doi.org/10.1002/2016JB013007.

- Save, H. 2020. CSR GRACE and GRACE-FO RL06 Mascon Solutions v02. 1p https://doi.org/10.15781/cgq9-nh24.
- Siebert, S., Kummu, M., Porkka, M., Döll, P., Ramankutty, N. and Scanlon. B.R. A Global Data Set of the Extent of Irrigated Land from 1900 to 2005. Hydrology and Earth System Sciences 19. no. 3 (March 25, 2015): 1521–45. https://doi.org/10.5194/hess-19-1521-2015.
- Yamazaki, D., Ikeshima, D., Tawatari, R., Yamaguchi, T., O'Loughlin, F., Neal, J.C., Sampson, C.C., Kanae, S. & Bates. P.D. 2017. A high-accuracy map of global terrain elevations. Geophysical Research Letters. 44: 5844–5853. https://doi.org/10.1002/2017GL072874.
- Yamazaki, D., Ikeshima, D., Sosa, J., Bates, P.D., Allen, G.H. & Pavelsky, T.M. 2019. MERIT Hydro: A High-Resolution Global Hydrography Map Based on Latest Topography. Dataset. Water Resources Research. 55(6): 5053–5073.

Abstract

This guideline serves the purpose of introducing and applying the Global Watershed System to the watershed. The internet worldwide has this system that can automatically identify upstream watersheds and downstream flow paths anywhere on the planet. Physiographic and hydrological parameters at the basin level are extracted and made online by it. The latest and most up-to-date global datasets are used by this open-source program on the Internet, which is faster than most other methods. As mentioned, this system provides various information on watersheds, including physiography, population density, land use changes, monitoring of surface and groundwater reserves, hydrology, irrigated areas, and dams in the watershed using textual explanations, images, maps, and graphs. In fact, this system can provide a platform for watershed studies, especially on a global scale and in border and transboundary basins, in addition to providing rapid and online access to physiographic and hydrological information for watersheds worldwide. This information and maps can be very useful for watershed managers and researchers.

Keywords: Landuse, Phisiography, System, Watershed.

Ministry of Agriculture-Jahad
Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Title: A comprehensive guide to using the Global Watershed system in a watershed
Authors: Kazem Saberchenari, Alireza Majidi, Ehsan Alvandi
Text Editing: Saeed Nabipay Lashkarian
Document Formatting: Abbas Seddigh
Publisher: Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
Circulation:10 Copies
Date of publication: Spring 2026
This scientific work has been registered with the series number of **69193** at the date of **2026-04-27** the Agriculture Information and Scientific Documents Center. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or translated without the original reference.

Ministry of Agriculture-Jahad
A Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Technical Guidline:

A comprehensive guide to using the Global Watershed system in a watershed

Authors:
Kazem Saberchenari, Alireza Majidi, Ehsan Alvandi

Series Number: 69193

2026

Minstry of Agriculture - Jahad
Agriculture Research, Education and Extention Organization
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Technical Guideline

A comprehensive guide to using the Global Watershed system in a watershed

Authors:
Kazem Saberchenari, Alireza Majidi, Ehsan Alvandi

Series Number: 69193

2026