نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۸، ص. ۶۹۴-۶۸۵

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 5, Nov.-Dec. 2019, p. 685-694

کاربرد نمودارهای مبتنی بر رستر در هیدرولوژی (مطالعه موردی: چشمه گاماسیاب)

اباذر سلگی[۱]- حیدر زارعی[۲*]- صفر معروفی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۰۸

چکیده

تکنیک‌های تجسم برای مجموعه داده‌های بزرگ، مسئله‌ای است که در هیدرولوژی کمتر به آن پرداخته شده است. در حالی‌که این تکنیک‌ها در بررسی و تحلیل مقادیر زیاد اطلاعات چند بعدی، اهمیت زیادی دارند. یکی از این تکنیک‌ها، نمودارهای مبتنی بر پیکسل (نمودارهای رستری) می‌باشد. در این مطالعه، به بررسی دو نوع از نمودارهای رستری، شامل هیدروگراف رستری و هایتوگراف رستری برای چشمه کارستی گاماسیاب در نهاوند پرداخته می‌شود. این نمودارها با استفاده از اطلاعات روزانه آبدهی و بارش چشمه گاماسیاب با یک دوره آماری ۴۹ ساله (۱۳۹۶-۱۳۴۸) ترسیم شدند. برای ترسیم این نمودارها، از نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است. با استفاده از هیدروگراف رستری، پدیده‌های مختلفی از جمله ذوب برف، خشکسالی، و ... تشخیص داده شدند. در این تحقیق ۶ پدیده مختلف با استفاده از این نمودارها شناسایی شده است. نتایج نشان داد که دوره ذوب برف در چشمه گاماسیاب از سال ۱۳۴۸ تا ۱۳۹۶ کمتر شده، به طوری‌که این دوره از حدود ۱۰۰ روز به ۳۰ روز کاهش یافته است. همچنین سال ۱۳۸۷ خشک‌ترین سال در طول دوره آماری چشمه بوده است، یک خشکسالی هم در سال ۱۳۷۷ مشاهده شده است. با استفاده از هیدروگراف رستری مشخص شد که ماه مهر، خشک‌ترین ماه می‌باشد، مشخص کردن این ماه برای بررسی و جداسازی جریان پایه بسیار مناسب می‌باشد. به‌طورکلی می‌توان گفت که این نمودارها ضمن داشتن اطلاعات بسیار زیاد، قابلیت بررسی و تفسیر سریع‌تری را فراهم می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: چشمه گاماسیاب، نمودارهای رستری، نمودارهای مبتنی بر پیکسل، هیدروگراف رستری

مقدمه

آبنمود چشمه، امکان به دست آوردن اطلاعات مهمی درباره ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی آبخوان حوضه آبگیر چشمه را فراهم می‌آورد و افزون بر تحلیل آن، داده‌های قابل توجهی را در مورد رفتار سامانه تخلیه محیط‌های درز و شکافدار این حوضه ارائه می‌کند. هدف از بررسی آبنمود، به طور خلاصه عبارت است از : محاسبه حجم ذخایر دینامیکی، محاسبه ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان، تعیین چگونگی بهره‌برداری بهینه از آبخوان چشمه، شناخت سامانه زهکشی آبخوان (درز و شکافی، بین دانه‌ای، انحلالی)، تشخیص رژیم‌های جریان، تشخیص روند کاهش آبدهی، تعیین ارتباط بین رژیم‌های چشمه با محیط تغذیه آبخوان، تعیین ارتباط بین رژیم چشمه و رژیم بارندگی و ... (۱).

عوامل بسیاری بر شکل آبنمود چشمه، تأثیر می‌گذارند. این عوامل شامل زمین‌شناسی (اجزای این عامل شامل درز و شکاف‌ها و گسل‌ها)، ریخت‌شناسی (شکل حوضه)، پوشش خاک، بارندگی و چگونگی آن ، دما، تغییرات آبدهی رودخانه‌ها و مسیل‌هایی که از آبگیر چشمه عبور می‌کنند، کشند (جزر و مد) دریا، دخالت انسان در سامانه‌های منابع آب، تراز و موقعیت چشمه در پهنه کارستی می‌باشند (۱). در ادامه به دلیل اهمیت بارندگی و دما به شرح این دو عامل پرداخته می‌شود.

بارش نقش بسیار مهمی در شکل آبنمود دارد. اگر بارش به صورت برف در بلندی‌ها باشد، اغلب یخزدگی، موجب می‌شود آبدهی در فصل زمستان یا از اوایل تا اواسط بهار، به کمترین حد برسد و با ذوب برف، آبنمود سیر صعودی طی کند. درحالی‌که اثر باران در مدت کوتاه‌تری روی آبدهی چشمه ظاهر می‌شود. درصد کمی از حجم آب رگبارها، به زیرزمین نفوذ می‌کند و با وجود حجم زیاد بارندگی، تأثیر کمی بر ذخیره آب دارد و اثر آن به صورت یک اوج بر آبنمود پدیدار می‌شود. درحالی‌که باران‌های ملایم و مداوم در تغذیه مخزن، نقش عمده‌ای دارند و موجب پیدایش شکل گرده ماهی در آبنمودها می شوند. تعداد دفعات بارندگی، می‌تواند به همان اندازه، در آبنمود، اوج ایجاد کرده و بین آن‌ها شیب ملایمی برقرار کند و با پیوستن به یکدیگر، اوج بلندتری را به وجود آورند. بارندگی در حوضه آبگیر، اگر در فاصله نزدیک به چشمه رخ دهد، تأثیر تغذیه آن زودتر دیده می شود و نقطه اوج آبنمود از نظر زمانی، نزدیک به زمان بارندگی خواهد

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه هیدرولوژی و منابع آب، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز
(*- نویسنده مسئول: Email: zareih@scu.ac.ir)
۳- استاد گروه مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
DOI: 10.22067/jsw.v33i5.80597

بود، ولی اگر در فاصله دورتر بارندگی رخ داده باشد، زمان تأخیر بیشتر خواهد بود. اگر بارندگی سراسری باشد، در این صورت، قسمت اوج منحنی به صورت گرده ماهی یا پهن درخواهد آمد.

دما موجب ذوب برف و یخ می‌شود. در نقاط سردسیر، سرمای شبانه می‌تواند باعث کاهش آبدهی یا حتی قطع آن شود و با گرمای روز و ذوب برف، آبدهی افزایش یابد و در غروب، پیش از انجماد دوباره، به بیشینه خود برسد. در این صورت، آبنمود دارای نوسانات شبانه‌روزی خواهد بود. در مناطقی که سرما شدت دارد (ارتفاعات بلند) و انجماد در فصل سرما همیشگی است، نوسانات آبنمود نیز می‌تواند به تبع آن فصلی باشد.

شکل آبنمود چشمه، بازتاب‌کننده منحصر به فرد واکنش آبخوان در مقابل تغذیه است. به‌ویژه شکل و روند فروکش، اطلاعات مهمی در مورد ذخیره و ویژگی‌های ساختاری سامانه آبخوان تأمین‌کننده چشمه فراهم می‌آورد. به این دلایل، تحلیل آبنمود چشمه، اطلاعات قابل توجهی درباره ماهیت و چگونگی کار سامانه زهکشی کارست ارائه می‌کند. اگر تغییرات کمی آب (آبنمودها)، با تغییرات همزمان کیفی آن (کموگراف‌ها) با هم تحلیل شوند، نتایج بسیار بهتری به دست خواهد آمد. آبنمود دارای شاخه‌های بالارونده و فروکش است. شاخه بالارونده مربوط به زمان تغذیه حاصل از بارش و شاخه فروکش، مربوط به زمان تخلیه آب تغذیه شده است. لازم به یادآوری است که بارش‌های پی‌درپی در حوضه‌های آبریز بزرگ، شاخه فروکش آبنمود را تحت تأثیر قرار می‌دهد، زیرا هنوز تغذیه بارش‌های پیشین، کاملاً تخلیه نشده که بارش بعدی رخ می‌دهد و روند شاخه‌های آبنمود را تغییر می‌دهد. اغلب، آبنمود از نقطه مشخصی به نام نقطه اوج که آغاز شاخه فروکش است، تغییر جهت می‌دهد و از آن به بعد، آبدهی با روند خاصی کاهش می‌یابد. این بخشی از آبنمود را منحنی فروکش (تاریسمان) می‌گویند. برای جداسازی جریان پایه آبنمود، محاسبه حجم ذخیره دینامیکی و ویژگی‌های ساختاری آبخوان، از این منحنی استفاده می‌شود.

تفسیر منحنی‌های تخلیه چشمه‌ها، بر اساس آمار روزانه یا دست کم هفتگی، روش مناسبی برای ارزیابی نوع نفوذپذیری و ظرفیت آبخوان‌هاست.

نمودارهای مبتنی بر پیکسل[1]، ابزار جدیدی برای نمایش مجموعه داده‌های بزرگ هستند. این نمودارها برای تجسم و شناسایی اختلافات و تغییرات در مجموعه داده‌های چند بعدی بزرگ استفاده می‌شود. گراف مبتنی بر پیکسل یک تکنیک گرافیکی است که اطلاعات نمایش داده شده را با استفاده از پیکسل یا رستر حداکثر می‌کند. این نمودارها با توجه به قابلیت بسیار مناسبی که در زمینه نمایش مجموعه داده‌های بزرگ دارند، ابزار مناسبی برای نمایش پدیده‌های مختلف هیدرولوژی هستند. هر پیکسل نشان دهنده یک مقدار از مجموعه داده‌ها با یک مختصات اختصاصی و یک رنگ یا سایه برای یک تصویر دو بعدی است. این تجسم‌ها نمی‌توانند جایگزین تجزیه و تحلیل‌های کمی دقیق شود، اما می‌تواند تحلیلگر را آگاه نموده و تجزیه و تحلیل‌ها را هدایت کند (۲). اخیراً استفاده از این مجموعه داده‌های بزرگ و با داده‌های طولانی مدت در محیط زیست رایج‌تر شده است (۳ و ۴).

در ادامه به بررسی برخی از مطالعات صورت گرفته در زمینه نمایش رستری به خصوص هیدروگراف رستری پرداخته می‌شود.

نمودارهای مبتنی بر پیکسل اولین بار در سال ۱۹۹۶ توسط کیم و کریگل ارائه شد. کیم و کریگل ابراز داشتند که این تکنیک یک پتانسیل بالایی برای استخراج مجموعه داده‌های بزرگ دارند (۵). کیم در سال ۲۰۰۰ به بررسی نظریه‌ها و کاربردهای تکنیک‌های نمایش پیکسل محور پرداخت (۶). نخستین استفاده از نمودارهای مبتنی بر پیکسل در هیدرولوژی به مطالعه کوهولر در سال ۲۰۰۴ بر می‌گردد که از این ابزار برای نشان دادن تغییرات سالانه جریان رودخانه استفاده نمود. ایشان ابراز داشت که این ابراز خواص زمانی ظریفی که با دیگر روش‌های سنتی قابل دیدن نیست را نشان می‌دهد. این روش بسیار انعطاف‌پذیر بوده و بسته به هدف پژوهش، امکان نمایش به صورت‌های مختلف را فراهم می‌کند (۷).

مک کی (۲۰۱۴) در پایان نامه دکتری خود به بررسی مدیریت جریان رودخانه اوکان در آمریکا پرداخت. در این مطالعه از ابزار هیدروگراف رستری برای نمایش مجموعه داده‌های بزرگ رودخانه استفاده شده است (۸).

در این مطالعه ابتدا به معرفی نمودارهای رستری برای نمایش مجموعه داده‌های بزرگ اشاره شده، سپس به بررسی دو مورد از کاربردهای مهم این نمودارها در زمینه هیدرلوژی پرداخته می‌شود. بدین منظور از اطلاعات چشمه گاماسیاب در نهاوند استفاده شده است. خاطر نشان می‌شود تاکنون مطالعه‌ای بر روی هیدروگراف‌های رستری در ایران صورت نگرفته است لذا این مطالعه می‌تواند آغازی برای استفاده از این ابزار در زمینه هیدرولوژی و استفاده از آن برای بررسی دیگر پدیده‌ها، در کشور باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

گَرین از رشته کوه‌های مهم غرب ایران است که بیشتر مساحت آن در شمال استان لرستان و بخشی نیز در استان‌های همدان و کرمانشاه قرار دارد. گرین از رشته کوه‌های بلند زاگرس است که در ادامه اشترانکوه قرار دارد و طول آن به بیش از ۱۸۰ کیلومتر می‌رسد. این رشته کوه در استان کرمانشاه به کوه‌های پرو و بیستون می‌پیوندد. واژه گرین به معنای پشته و کوه غیرقابل نفوذ است، این کوه از شرق تا شمال شهرستان الشتر ادامه دارد و جزیی از زاگرس مرتفع می‌باشد. ولاش با ۳۶۲۳ متر ارتفاع، بلندترین قله این رشته کوه است. دیگر

1- Pixel-based graphs

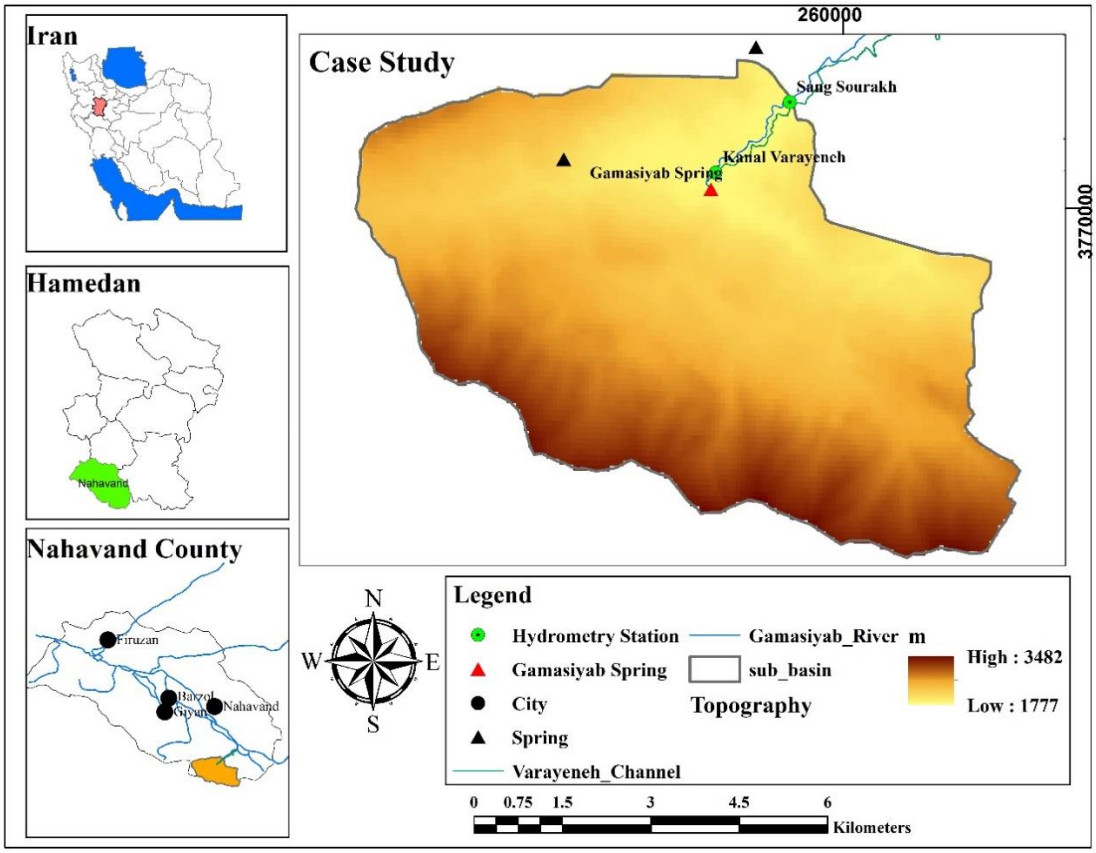
قله‌های بلند آن شامل یال کبود، ۱۸یال، سه کوزان و میش‌پرور، بازگیر و چهل تن می‌باشد. در این قسمت‌ها چشمه‌های طبیعی و معروفی به نام گاماسیاب در نهاوند، کهمان در الشتر و ونایی در بروجرد بوجود آمده است که علاوه بر جاذبه‌ی بکر گردشگری، منبع بسیار مناسبی برای تأمین آب نیز به شمار می‌روند.

چشمه گاماسیاب در فاصله ۲۰ کیلومتری شهر نهاوند و در مسیر جاده نهاوند به نورآباد واقع شده است. سرچشمه‌ی اصلی آن از دره های کوه گروین (گرین) یا به عبارت دیگر کوه چهل نابالغان می‌باشد. این چشمه دارای آبدهی ۴ متر مکعب در ثانیه با آبی با کیفیت،که دمای متوسط آن حدود ۵ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد. در واقع چندین چشمه به هم چسبیده در محدوده‌ای حدود ۱۰۰ متر مربع در کنار هم قرار گرفته‌اند، که به طورکلی به عنوان چشمه گاماسیاب شناخته می شوند. در بالای چشمه گاماسیاب، دهانه‌ی زیبای غاری طبیعی به چشم می‌خورد که احتمالاً در گذشته محل خروج آب بوده است. این غار، نتیجه عمل فرسایش آب‌های زیرزمینی می‌باشد که بر اثر آن کربنات کلسیم در آب‌های اسیدی (آب‌های حاوی دی اکسیدکربن و اسیدهای آلی) انحلال یافته است.

آب این چشمه‌ها توسط کانال‌هایی برای مصارف کشاورزی، پرورش ماهی و شرب منتقل می‌شود. در کنار سراب گاماسیاب، عملیات عمرانی ساخت سد مخزنی گرین در حال اجرا می‌باشد.

آمار و اطلاعات

برای بدست آوردن آبدهی چشمه از آمار دو ایستگاه هیدرومتری سنگ سوراخ و کانال وراینه استفاده شده است. در این منطقه دو ایستگاه هیدرومتری موجود می‌باشد، ایستگاه سنگ سوراخ از سال ۱۳۴۸ دارای آمار بوده در حالی‌که ایستگاه کانال وراینه از سال ۱۳۸۴ دارای آمار می‌باشد. قبل از احداث کانال و به تبع آن ایستگاه کانال وراینه، همه آب چشمه از ایستگاه سنگ سوراخ عبور و اندازه‌گیری شده است. بعد از احداث این کانال بخشی از آب چشمه توسط این کانال منحرف شده و در ایستگاه کانال وراینه اندازه‌گیری می‌شود، لذا آبدهی چشمه مجموع آبدهی این دو ایستگاه می‌باشد. متوسط آبدهی چشمه ۴ مترمکعب در ثانیه، حداقل آبدهی آن ۰/۳ و حداکثر آن ۳۷/۹۷ مترمکعب در ثانیه بوده است. خاطر نشان می‌گردد مساحت حوضه آبریز ایستگاه سنگ سوراخ حدود ۶۰ کیلومتر مربع می‌باشد. در شکل (۱) موقعیت چشمه و ایستگاه‌های هیدرومتری استفاده شده در این تحقیق ارائه شده است.



شکل ۱- موقعیت چشمه گاماسیاب در شهرستان نهاوند، استان همدان و ایران

Figure 1- Location of Gamasiyab spring in Nahavand county, Hamedan province and Iran

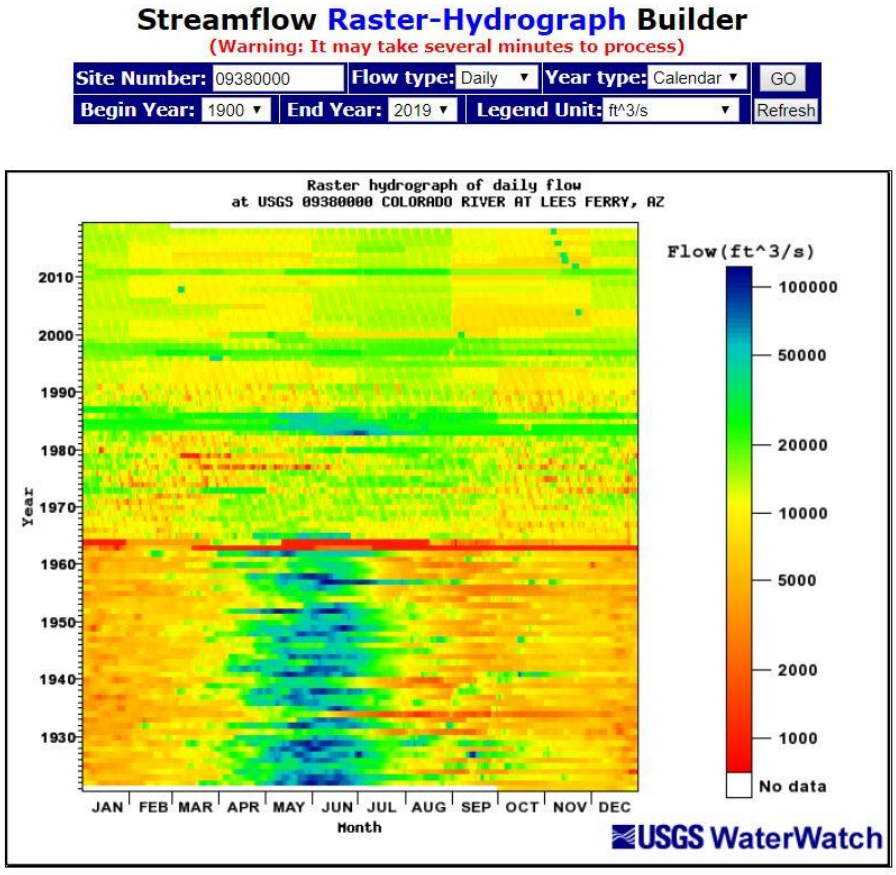
جدول ۱- پارامترهای روزانه مورد استفاده در این تحقیق

Table 1- Daily parameters used in study

نام ایستگاه Name station	مشخصات جغرافیایی Geographic Information (D,M,S)		ارتفاع از سطح دریا Height above sea level (m)	متغیر اقلیمی Climatic variables	میانگین Average	حداقل Mminimum	حداکثر Maximum
	عرض Width	طول Length					
سنگ سوراخ Sang Sourakh	34 03 33	48 23 24	1780	آبدهی Discharge (m^3/s)	3.47	0.11	37.97
کانال وراینه Kanal Varayeneh	34 02 53	48 22 38	1840	آبدهی Discharge (m^3/s)	2.15	0.01	4.81
وراینه Varayeneh	34 02 32	48 22 00	2050	بارش Precipitation (mm)	1.47	0.00	105.00

هیدروگراف رستری

هیدروگراف رستری، نمودارهایی بر پایه پیکسل است که برای تجسم و شناسایی اختلافات و تغییرات در مجموعه داده‌های چند بعدی بزرگ استفاده می‌شود. این ابزار خواص زمانی ظریفی که با دیگر روش‌های سنتی قابل دیدن نیست، را نشان می‌دهد. این روش بسیار انعطاف‌پذیر بوده و بسته به هدف پژوهش، امکان نمایش به صورت‌های مختلف را فراهم می‌کند. این روش، یک روش نموداری است که حداکثر اطلاعات را با استفاده از یک پیکسل یا رویکرد مبتنی بر رستر نشان می‌دهد. هر پیکسل نشان دهنده‌ی یک مقدار از مجموعه داده‌ها است. این ابزار می‌تواند اطلاعات بسیار بیشتری از یک جدول اعداد ارائه دهد، که اغلب به درک جدید و تصمیم‌گیری هایی براساس اطلاعات بیشتر منجر می‌شود.



شکل ۲- نمونه‌ای از هیدروگراف رستری ترسیم شده در سایت USGS

Figure 2- An example of raster hydrograph in USGS web

داده‌ها

دسترسی به مجموعه داده‌های بزرگ عموماً با وب سایت‌های آنلاین شبیه وب سایت سازمان زمین شناسی آمریکا[1] امکان‌پذیر است. این سایت ترسیم آنلاین هیدروگراف رستری را برای رودخانه های آمریکا، با انتخاب محل که به صورت یک کد می‌باشد ارائه می-دهد. به عنوان نمونه در شکل ۲ با انتخاب شماره مکان، نوع جریان، دوره زمانی و واحد دبی، هیدروگراف رستری ترسیم می‌شود، در این بخش می‌توان تاریخ را به صورت سال آبی نیز انتخاب نمود. این شکل برای رودخانه کولورادو ترسیم شده است. همانطوری‌که اشاره گردید استفاده از سایت USGS برای آمریکا امکان‌پذیر است لذا برای دیگر نقاط جهان نیاز به استفاده از نرم افزارهای خاصی می‌باشد، در بخش بعد به بررسی این موضوع پرداخته می‌شود.

نرم افزارهای مورد نیاز

در این بخش به معرفی نرم‌افزارهایی که قابلیت ترسیم هیدرگراف رستری را دارند پرداخته می‌شود، نخستین نرم‌افزاری که می‌توان استفاده کرد نرم‌افزار MATLAB می‌باشد. در این نرم‌افزار با وارد نمودن اطلاعات به صورت یک ماتریس می‌توان پلات مورد نظر را ترسیم نمود، برای کسانی که با کدنویسی آشنایی دارند می‌توانند با کدنویسی در محیط نرم‌افزار MATLAB شکل‌های شکیل‌تر و مناسب‌تری را ترسیم نمایند.

نرم‌افزار دیگری که قابلیت ترسیم هیدروگراف رستری را دارد، سیستم اطلاعات جغرافیایی[2] (GIS) می‌باشد. در شکل ۳ نمونه‌ای از ترسیم هیدروگراف رستری با نرم‌افزار GIS ارائه شده است. همچنین می‌توان از نرم‌افزار Surfer نیز برای ترسیم هیدروگراف‌های مبتنی بر رستر و شبکه کروگرام‌ها استفاده نمود. نرم‌افزار GRAPHER نیز برای آماده‌سازی منحنی‌های جریان–مدت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

سیستم شبکه‌ای[3]

سیستم شبکه‌ای استفاده از یک شبکه دوبعدی، برای آنالیز مبتنی بر رستر می‌باشد. داده‌های سری زمانی معمولاً با فواصل زمانی مشخص Δt به صورت گسسته و جدا از هم اندازه‌گیری می‌شوند. محققان اغلب محور زمان را به صورت یک محور محدود شده، نشان می‌دهند اما برخی از محققین، دو محور را برای نشان دادن تنوع در درون و بین سال‌ها استفاده می‌کنند (۹ و ۱۰).

هر داده یک جزء کوتاه مدت و یک جزء بلند مدت برای استفاده در دستگاه محورهای مختصات دکارتی دارد. جزء بلندمدت برابر مضرب صحیحی از جزء کوتاه مدت می‌باشد. همچنین به طور همزمان تغییرات در دو مقیاس زمانی نشان داده می‌شود. با قرار دادن روزهای سال (به عنوان جزء کوتاه مدت) در امتداد محور x با سال های پی در پی (به عنوان جزء بلند مدت) بر روی محور y، یک شبکه ایجاد می‌گردد.

تابع خودهمبستگی برای مجموعه داده‌های تأخیری به صورت تقسیم کوواریانس شبکه بر واریانس شبکه محاسبه می‌شود.

$$r(k_i,k_j)=\frac{grid\ Cov}{grid\ Var} \quad (۱)$$

مقدار تابع خودهمبستگی با مختصات (k_i,k_j) بر روی شبکه نشان داده می‌شود. زمانی که $k_i=0$ است مقادیر مشابه، به عنوان یک کورلوگرام سالانه می‌باشند.

مزایای استفاده از نمایش رستری

از این روش می‌توان برای نمایش، هیدروگراف، هایتوگراف، دما، شاخص‌های خشکسالی و ... استفاده نمود، این روش قابلیت نشان دادن خطاهای سیستماتیک، نشان دادن داده‌های گم شده، نشان دادن داده‌های پرت، مقایسه مکان‌های مختلف، پتانسیل تولیدات جدید را دارد (۷). مزایای اصلی این شیوه از نمایش به صورت زیر می‌باشد (۷): ۱) راهی برای مشاهده مجموعه داده‌های بزرگ. ۲) افزایش سرعت بررسی و تفسیر. ۳) توسعه انواع جدیدی از تولیدات. ۴) مقرون به صرفه و از نظر زمانی هم روشی کارآمد و مناسب می باشد. جهت آشنایی بیشتر با این ابزار می‌توان به منبع ۱۱ مراجعه نمود.

نتایج و بحث

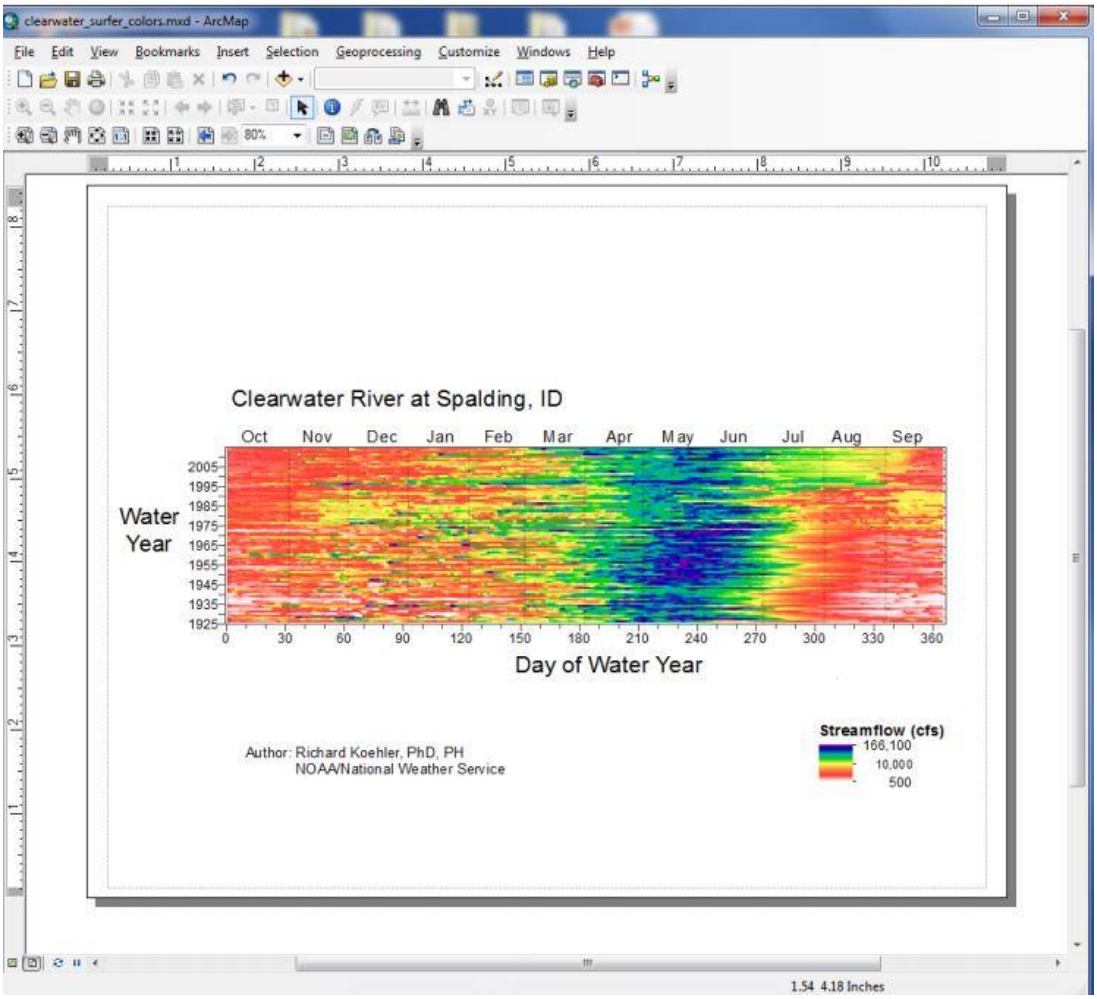
در این بخش به منظور بررسی دقیق‌تر مسئله، در شکل ۴ هیدروگراف چشمه گاماسیاب به همراه هایتوگراف آن ارائه شده است. همانطوری‌که در شکل ۴ مشخص است دیدن همه روزها امکان‌پذیر نیست، همچنین تنها می‌توان مقادیر بسیار زیاد آبدهی یا بارندگی را به طور مشخص مشاهده نمود. در شکل ۵ نمودار هیدروگراف رستری به همراه پدیده‌هایی که از آن استخراج شده است، نشان داده شده است.

همانطوری که در شکل ۵ نمایش داده شده است، ۶ پدیده مختلف استخراج شده است. در این بخش به تفسیر پدیده‌هایی که از ترسیم هیدروگراف رستری قابل شناسایی است، پرداخته می‌شود.

۱–ذوب برف[4]

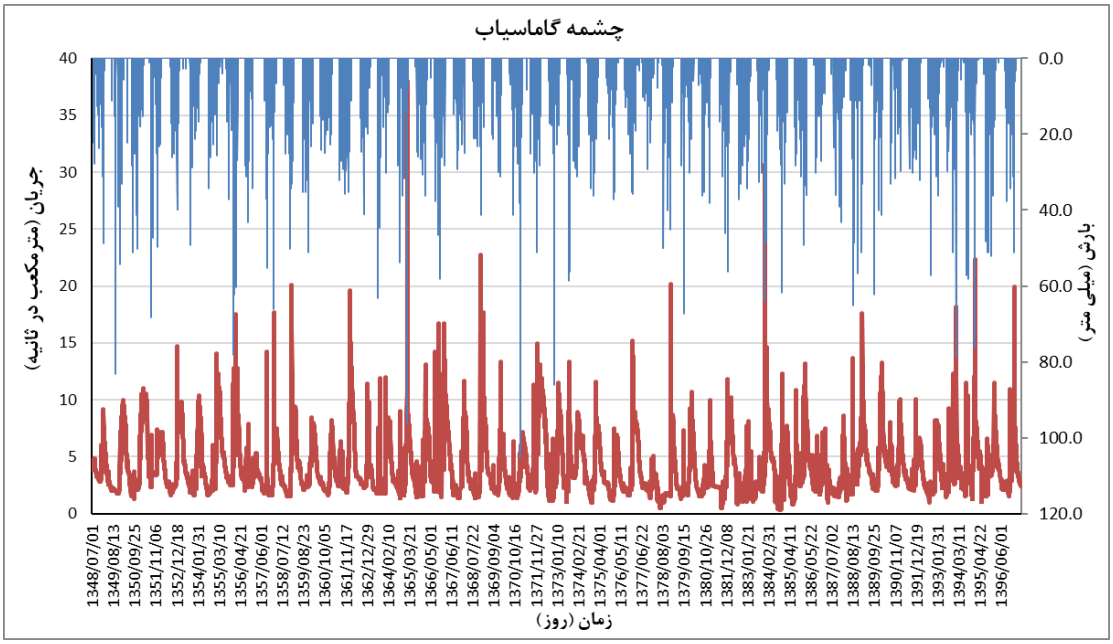
با توجه به شکل ۵ ذوب برف از روزهای ۲۰۰ تا ۳۰۰ (یعنی از اوایل بهار تا اواخر تیرماه) ادامه دارد. با توجه به این شکل مشخص است که در سال‌های گذشته دوره ذوب برف کاهش یافته است به طوری‌که تعداد روزهای ذوب برف در سال‌های ۱۳۸۳ به بعد نسبت به دوره‌های قبل از آن کاهش چشمگیری را نشان می‌دهد. به طوری‌که این موضوع برای سال‌های بعد از ۱۳۹۲ شدیدتر بوده است. این مطلب به عنوان یک هشدار برای تغییر رژیم آبدهی چشمه مطرح می‌باشد.

1- https://waterwatch.usgs.gov/?id=wwchart_rastergraph
2- Geographic Information System
3- Grid System
4- Snowmelt



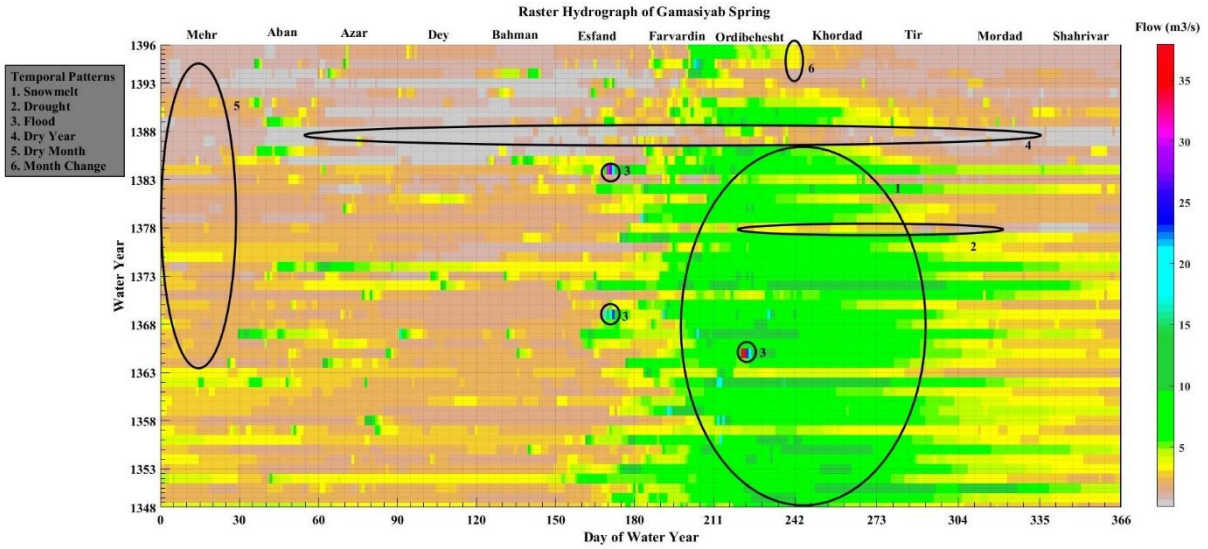
شکل ۳- نمونه‌ای از ترسیم هیدروگراف رستری با نرم‌افزار GIS

Figure 3- An example of raster hydrograph in GIS software



شکل ٤- هیدروگراف و هایتوگراف چشمه گاماسیاب

Figure 4- Hydrograph and Hyetograph of Gamasiyab spring



شکل ۵- هیدروگراف رستری چشمه گاماسیاب

Figure 5- Raster hydrograph of Gamasiyab spring

۲- خشکسالی[1]

با توجه به شکل ۵ در سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ خشکسالی در این چشمه مشاهده شده است.

۳- سیلاب[2]

با توجه به شکل ۵ در نیمه‌های فروردین سال ۱۳۶۵ یک سیلاب مشاهده شده است، همچنین در اواخر اسفند سال ۱۳۹۵ و اواخر بهمن سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۳ سیلاب‌هایی مشاهده شده است.

۴- سال خشک[3]

سال خشک، سالی است که در آن مقدار آبدهی از مقدار متوسط کمتر باشد، در شکل ۵ سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ نمونه‌ای از سال‌های خشک به حساب می‌آیند. همچنین سال آبی ۱۳۹۳ نیز یک سال کم آب بوده است.

۵-ماه خشک[4]

تعیین ماه خشک، بیشتر برای جداسازی جریان پایه مورد استفاده قرار می‌گیرد، به طوری‌که در ماه خشک، مقدار آبدهی ناشی از جریان پایه بوده و بارندگی و ذوب برف در آن نقش خیلی کمی دارند. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که کمترین میزان آبدهی چشمه در ماه مهر اتفاق افتاده است.

۶- تغییرات ماهانه[5]

این تغییرات زمانی رخ می‌دهد که از یک ماه به ماه دیگر، تغییرات سریعی در آبدهی رخ داده باشد، مثلاً به طور ناگهانی رژیم آبدهی از حالت کم آبی به حالت پرآبی تغییر کند. در شکل ۵ این تغییر در سال‌های ۱۳۹۳ به بعد در ماه فروردین و اردیبهشت مشاهده شده است.

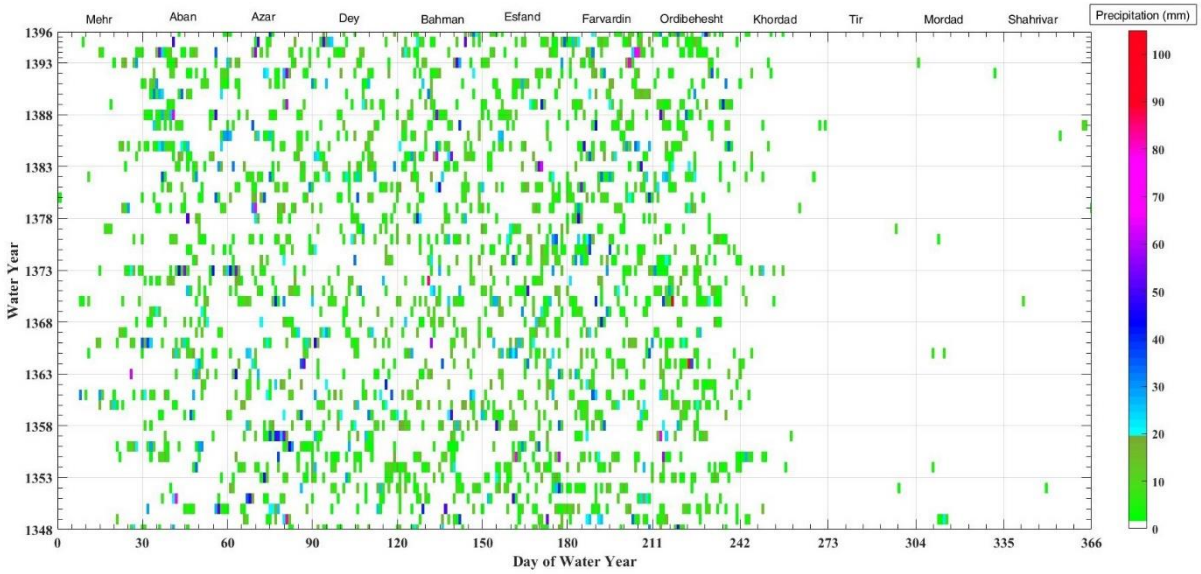
به منظور مشاهده دیگر کاربردهای نمودارهای مبتنی بر رستر، هایتوگراف رستری با استفاده از آمار ایستگاه بارانسنجی وراینه در شکل ۶ ترسیم شده است. با توجه به شکل ۶ مشاهده می‌شود که تقریباً در ماه‌های خرداد تا شهریور بارندگی در حد صفر است، به عبارت دیگر دوره بارندگی از اوایل آبان تا اوایل خرداد می‌باشد. بیشترین مقدار بارندگی‌ها در ماه‌های فروردین و اردیبهشت رخ داده است.

با قرار دادن هیدروگراف رستری و هایتوگراف رستری در کنار هم می‌توان به نتایج بهتری دست پیدا کرد. به‌طوری‌که از این نمودارها برای چشمه گاماسیاب مشخص می‌باشدکه از اواخر اردیبهشت تا اواخر شهریور ماه آبدهی چشمه، تحت تأثیر ذوب برف و جریان آب زیرزمینی خروجی از چشمه می‌باشد و بارندگی در این دوره زمانی تأثیری بر آبدهی چشمه نداشته است. همچنین با توجه به این دو نمودار می‌توان گفت که بارندگی در این چشمه با تأخیر زمانی تقریباً یک ماهه اثر خود را نشان می‌دهد. با مشاهده هیدروگراف رستری مشخص می‌شود که ماه مهر کمترین آبدهی را دارد، در حالی‌که با توجه به هایتوگراف رستری ماه مهر دارای بارندگی می‌باشد، این موضوع نشان دهنده تأخیر زمانی یک ماهه بوده نشان می‌دهد که افزایش آبدهی ماه آبان ناشی از بارندگی مهرماه می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق ابزار جدیدی به نام نمودارهای مبتنی بر پیکسل یا نمودارهای رستری ارائه شده است. جهت بررسی وضعیت این نمودارها، دو نوع پرکاربرد از آنها به نام هیدروگراف رستری و هایتوگراف رستری در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت.

1- Drought
2- Flood
3- Dry Year
4- Dry Month
5- Monthly Changes



شکل ٦- هایتوگراف رستری چشمه گاماسیاب

Figure 6- Raster Hyetograph of Gamasiyab Spring

جهت بررسی دقیق‌تر موضوع، از داده‌های آبدهی و بارندگی چشمه گاماسیاب در نهاوند استفاده گردید. نتایج نشان داد که استفاده از هیدرگراف رستری در مقابل هیدروگراف معمولی، دارای قابلیت بسیاری می‌باشد. با استفاده از هیدروگراف رستری می‌توان پدیده‌های مختلفی که در سال‌های مختلف اتفاق افتاده را مورد بررسی قرار داد. پدیده‌هایی مثل ذوب برف، خشکسالی، سیلاب، ماه و سال خشک، تغییرات ماهانه در داده‌ها و ... از نمودار هیدروگراف رستری قابل استخراج می‌باشد. به عنوان نمونه، با توجه به هیدروگراف رستری چشمه گاماسیاب مشخص شد که در سال‌های گذشته دوره ذوب برف کاهش یافته است به‌طوری‌که تعداد روزهای ذوب برف در سال‌های ۱۳۸۳ به بعد نسبت به دوره‌های قبل از آن کاهش چشمگیری را نشان می‌دهد. به طوری‌که این موضوع برای سال‌های بعد از ۱۳۹۲ شدیدتر بوده است. این مطلب به عنوان یک هشدار برای تغییر رژیم آبدهی چشمه مطرح می‌باشد.

همچنین می‌توان با استفاده از وضعیت چندین ساله آبدهی در روزهای مختلف، برآورد دقیق‌تری از وضعیت روزهای آتی بدست آورد. این نمودارها ضمن داشتن اطلاعات بسیار زیاد، قابلیت بررسی و تفسیر سریع‌تری را فراهم می‌کنند، همچنین به دلیل شکل مناسبی که دارند، بیشتر بینندگان را مجذوب خود می‌کنند.

منابع

1- Anonymous. 2005. A Guideline to Prepare Karstic and Consolidated Formation Spring Hydrograph. Publication No. 232-A. (In Persian)
2- Helsel D.R., and Hirsch R.M. 2002. Statistical methods in water resources. Chapter A3 in Book 4, Hydrologic Analysis and Interpretation. Techniques of water-resources investigations of the U.S. Geological Survey.
3- McCulloch E.S. 2013. Harnessing the power of big data in biological research. Bioscience 63 9): 715-716.
4- Michener W.K., and Jones M.B. 2012. Ecoinformatics: Supporting ecology as a data-intensive science. Trends in Ecology and Evolution 27(2): 85-93.
5- Kim D.A. ,and Kriegel H.P. 1996. Visualization Techniques for Mining Large Databases: A Comparison. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering 8(6): 1-23.
6- Keim D.A. 2000. Designing Pixel-Oriented Visualization Techniques: Theory and Applications. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 6(1): 59-78.
7- Koehler R. 2004. Raster-Based Streamflow Analysis Applied to the Upper Snake River. Southern Illinois University Carbondale OpenSIUC, Conference Proceedings. 1-11.
8- Mckay S.K. 2014. Informing Flow Management Decisions in the Middle Oconee River. University of Georgia, Degree Doctor of Philosophy, 169 pp.
9- Koehler R., and Ball G. 1998. A Statistical Analysis of Low Flows on the San Pedro River, Arizona. Presentation to the September Symposium of the Arizona Hydrological Society, Tucson, AZ.
10- Koehler R., Pool D., and Kirchner J. 2002. A Visualization Techniquefor Hydrologic Timeseries Analysis. Presentation to the Flood-plain Management Association annual conference. Monterey, CA.
11- Strandhgan E. 2006. Cartographic Tecniques. Cartographic Perspectives, 55.

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 5, Nov.-Dec. 2019, p. 685-694

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۸، ص. ۶۹۴-۶۸۵

Application of Raster-Based Plots in Hydrology (Case Study: Gamasiyab Spring)

A. Solgi[1]- H. Zarei[2*]- S. Marofi[3]

Received: 10-06-2019
Accepted: 30-09-2019

Introduction: Despite being helpful to explore and analyze large multidimensional datasets, visualization Techniques have been rarely considered in hydrology. One of the techniques is Pixel-Based (Raster-Based) graphs. Pixel-based graph is a graphing technique that maximizes displayed information using a pixel or raster-based approach.

Materials and Methods: This study two types of raster-based graphs, including Raster-Hydrograph and Raster Hyetograph were evaluated, for Gamasiyab Karstic Spring located in Nahavand. The graphs were drawn by applying discharge and rainfall daily information of gamasiyab spring in 1969-2018. The MATLAB was employed to draw the graphs. To calculate the spring discharge, recorded data from Sang Sorakh and Variane Canal station were used. The data gathered for Sang Sorakh and Variane were recorded from 1969 and 2005, respectively. Thus, the spring discharge was the summation of both stations. The maximum, minimum and average discharge was, respectively, 37.97, 0.3 and 4 m^3/s. It is important to note that the basin area is about 60 Km^2.

Results and Discussion: By applying the graphs, six different phenomena were investigated:

1. Snowmelt: According to the raster hydrograph of the Gamasiyab spring, snowmelt occurs in the first 200 to 300 days of year (e.g. early April to late July). According to this graph, during the recent years, snowmelt period shortened. As of 2004, that the number of snowmelt days showed a considerable reduction as compared to the previous years. This issue has become more intense for the years after 2013 indicating a change in the spring discharge regime.

2. Drought: According to the raster hydrograph of the Gamasiyab spring, droughts were observed in 1998 and 1999.

3. Storm Flow: According to the raster hydrograph of the Gamasiyab spring, a storm flow was observed in the middle of April,1986. Storm flows were also observed in late February of 1986 and 2005, and the late March of 2016.

4. Dry Year: Dry Year is a year that the discharge is less than the average. 2008 and 2009 were the examples of dry years. In addition, 2014 was one-year low water.

5. Dry Month: Determine dry months are used for baseflow separation. In dry months, discharge is due to baseflow, and rainfall and snowmelt play a very small role in the discharge.

6. Monthly changes: Monthly changes happen when rapid changes in discharge are observed from one month to another. For example, the discharge regime suddenly changes from a dry to wet condition. According to the raster hydrograph of the Gamasiyab spring, the monthly changes in April and May, 2014 were observed. It was observed that the rainfall was almost equal to 0 in June to September. In the other words, rainfall period is from early November to early June. Maximum rainfall is in April and May.

Better results can be achieved by using both Raster Hydrograph and Raster Hyetograph. Discharge of Gamasiyab spring is affected by snowmelt and groundwater flow since late May to late September, and rainfall has no effect on spring discharge in this period. According to these graphs, it can be also concluded that springtime rainfall was impacted with one-month lag time. According to raster hydrograph, the minimum discharge occurs in October, however, the area receives rainfall during October based on raster Hyetograph. Therefore, the discharge increase in the November can be attributed to the precipitation falling during October.

Conclusion: Main benefits of this graphs are: 1. a way to view large datasets. 2. Quickly review and interpret. 3. Develop new types of products. 4. Cost and time efficiency. This method is able to show systematic error, missing data, outliers, comparison different places, potential new products. Results show that the snowmelt period in Gamasiyab spring decreased from 1969 to 2018. This period shortened from 100 to 30 days per year. The year of 2008 was the driest year during the statistical period of the spring, and a drought was also observed in 1998. According to raster

1 and 2- Ph.D. Student and Associate Professor, Department of Hydrology and Water Resources, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: zareih@scu.ac.ir)
3- Professor, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

hydrograph, the driest month was found to be October. Determining this month is very useful for base flow separation. One can conclude that these graphs including large amount of information, accelerate the processes of scanning and interpretation.

Keywords: Gamasiyab spring, Raster graphs, Pixel-based graphs, Raster hydrograph