اولین همایش ملی جغرافیا، محیط زیست، امنیت و گردشگری

# معرفی مدل هیدرولوژیکی J2000 و کاربرد آن در شبیه‌سازی هیدرولوژی آبخیز

**رضا چمنی[۱]، محمود آذری[۲]**

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

۲- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران( مسئول مکاتبات*)

E-Mail: m.azari@ferdowsi.um.ac.ir

**چکیده**

افزایش شناخت انسان در سیستم‌های هیدرولوژیکی می‌تواند کمک زیادی در کاهش بلایای طبیعی ناشی از تغییر در این سیستم‌ها نماید. بیشتر حوزه‌های آبخیز کشور، به ویژه حوضه‌های آبخیز کوهستانی، فاقد ایستگاه‌های اندازه‌گیری به تعداد کافی می‌باشند که این امر هر گونه برنامه‌ریزی عمرانی و مدیریتی را با مشکل مواجه می‌سازد. بنابراین نیاز به روش‌هایی است که امکان برآورد رواناب در حوزه‌های با ایستگاه کم را فراهم آورد. یکی از این روش‌ها استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی می‌باشد. تاکنون مدل‌های مختلفی برای پیش‌بینی سیل و بیلان آبی حوزه‌ها ارایه شده است. مدل J2000 یک مدل هیدرولوژیکی توزیعی و فرآیندگراست که برای شبیه سازی هیدرولوژیکی حوضه در مقیاس کوچک و بزرگ معرفی شده است. چرخه آب در مدل J2000 در بخش‌های گیرش، آب خاک، آب زیرزمینی، روندیابی جریان، روندیابی جانبی، برف و بارش شبیه‌سازی می‌شود و نتایج در بخش‌های مختلف حوضه به صورت گرافیکی و عددی ارایه می‌شود. قابلیت شبیه‌سازی بخش‌های مختلف چرخه آب، توزیعی بودن مدل و ارایه نتایج در هر واحد هیدرولوژیک، ارایه نتایج به صورت داده‌های جدولی و گرافیکی از مزیت‌های اصلی مدل می‌باشد. لذا کاربرد آن در شبیه‌سازی هیدرولوژیکی حوضه و مدیریت حوضه‌های آبخیز می‌تواند سودمند باشد.

**کلمات کلیدی: بارش ـ رواناب، شبیه‌سازی آبخیز، J2000، مدل توزیعی.**

* خراسان رضوی، مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست ـ تلفن: ۰۵۱۱۳۸۸۰۵۴۷۳ـ فکس:۰۵۱۱ـ ۳۸۷۸۸۸۸۰۵

**مقدمه**

گسترش مناطق غیر قابل نفوذ و بهره‌برداری بیش از حد از اراضی سبب تغییر شرایط هیدرولوژیکی حوضه‌ها و ایجاد سیلاب‌های مخرب شده است (زارعی و همکاران، ۱۳۸۷). در کشور ما ایستگاه‌های اندازه‌گیری پراکنش مناسبی نداشته و بیشتر حوزه‌های آبخیز، فاقد ایستگاه‌های اندازه‌گیری می‌باشند که این مساله برنامه‌ریزی و مدیریت حوضه‌ها را با مشکل مواجه ساخته است. بنابراین روش‌هایی که بتواند میزان رواناب حاصل از بارش در سطح حوضه را با دقت مناسب برآورد کند، مورد نیاز می-باشد. یکی از روش‌های برآورد رواناب در حوزه استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی می‌باشد که امکان بررسی هیدرولوژی حوزه‌های فاقد آمار یا دارای آمار ناقص با حداقل هزینه و زمان را ممکن می‌سازد. (آبابایی و سهرابی، ۱۳۸۸). مدل‌های هیدرولوژیکی نمایش ساده شده‌ای از سیستم هیدرولوژی حوضه هستند که به مطالعه درباره کارکرد حوضه در واکنش به ورودی‌های گوناگون و فهم بهتر از فرآیندهای هیدرولوژی کمک می‌کنند (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۱). مدل‌های هیدرولوژیکی یک ابزار مهم برای درک ویژگی‌های یک حوزه آبخیز و پاسخ آن به رودخانه می‌باشند (Nepal et al, 2014).

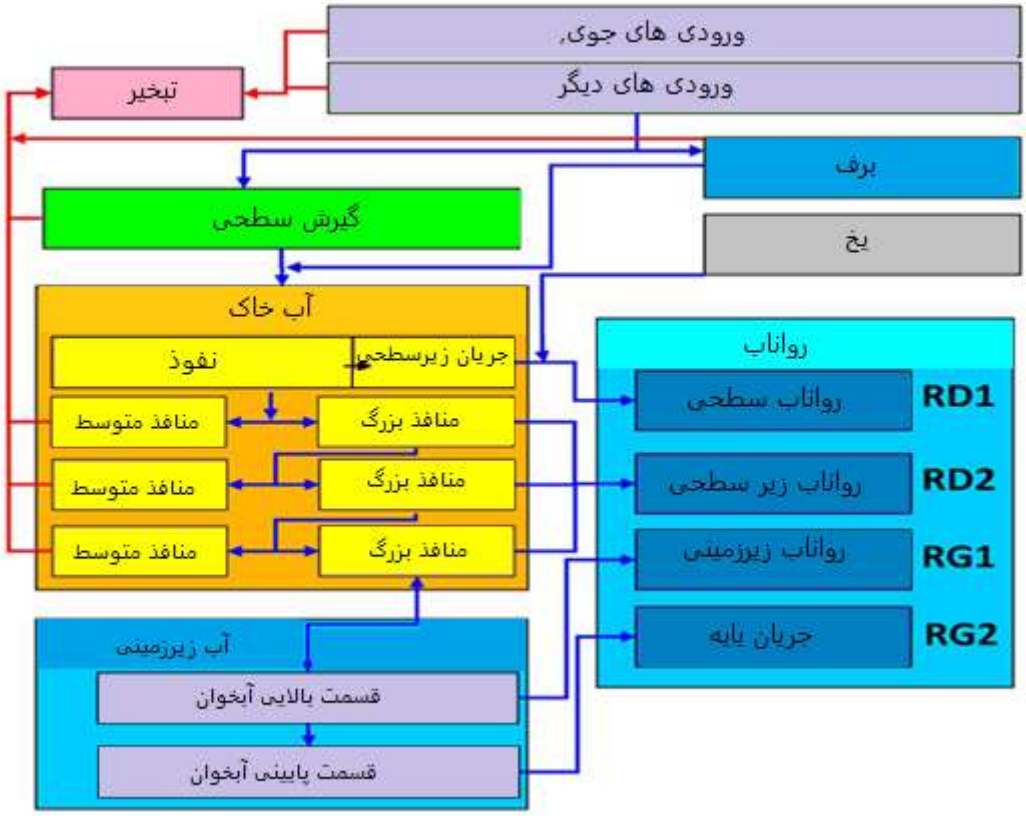
با پیشرفت علوم و تکنولوژی در منابع آب و مدیریت حوزه‌های آبخیز، استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی به منظور ارزیابی بهتر عوامل موثر در چرخه هیدرولوژی در حوزه آبخیز رواج پیدا کرده است. در سال‌های اخیر مدل‌سازی هیدرولوژیکی برای مدیریت جامع منابع آب در مقیاس حوزه آبخیز مفید بوده است و برای حل مشکلات متعدد زیست محیطی نظیر بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی، تاثیر تغییر اقلیم بر منابع آب، بررسی اثرات اکولوژیکی، مدیریت سیلاب و بررسی کیفیت آب (Nepal et al,2015؛ گودرزی و همکاران، ۱۳۹۱)، فعالیت‌های انسانی و تصمیم گیری سیاست گذاران مناسب می‌باشد(Mankin et al,1999; Julian et al,2013).

در دهه‌های گذشته مدل‌های هیدرولوژی زیادی ارائه شده‌اند که شبیه سازی رواناب و رسوب از نقاط مشترک آن‌ها می‌باشد. اما با محدودیت‌هایی نظیر استفاده در حوزه‌های بزرگ و افزایش ناهمگونی پارامترها همراه بوده که سبب کاهش دقت و صحت مدل شده است (Krause,2002). مدل‌های متعددی در کشور با اهداف برآورد رواناب مورد استفاده قرار گرفته است که کارایی آنها در حوضه‌های مختلف متفاوت می‌باشد. به عنوان نمونه مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS در حوضه جاغرق، کسیلیان و ماهیدشت (آذری و همکاران،۱۳۸۵؛ اسمعلی و محمدی،۱۳۸۸؛ تیموری مقدم و همکاران،۱۳۸۸)، SFB در حوزه‌های آبخیز کارون شمالی، مهارلو، زهره، کل و مند (گوهری،۱۳۷۷؛ نام درست و زرین، ۱۳۸۷)، SWAT در حوزه کسیلیان، شاهرخ، سد زاینده رود، پل کله و ورزنه، قره سو (سعادتی،۱۳۸۱؛ آبابایی و سهرابی،۱۳۸۸؛ گودرزی و همکاران،۱۳۹۱) و AWBM در حوزه‌های کسیلیان، کارده، امامه، لیقوان، کن و کامه، مهارلو، زهره، کل و مند (صفاپور،۱۳۸۱؛ عباسی زاده و نام درست،۱۳۸۷) مورد استفاده قرار گرفته است که کارایی مدل‌ها در شرایط مختلف متفاوت می‌باشد. لذا استفاده از مدل‌هایی که بتواند نیازهای تحقیقاتی و کاربردی کشور را تامین نماید، همچنان در اولویت می‌باشد. انتخاب یک مدل مناسب برای تخمین رواناب به عوامل مختلفی از قبیل دقت و توانایی مدل در برآورد رواناب، نوع داده‌ها، وسعت حوزه، سادگی ساختار و استفاده از اطلاعات ورودی در دسترس، بستگی دارد (شریفی و همکاران،۱۳۸۳؛ زارعی و همکاران،۱۳۸۷).

در این تحقیق مبانی نظری و بخش‌های مختلف مدل هیدرولوژیکی فرآیندگرا و توزیعی J2000 ارایه شده است. با توجه به نبود سابقه مطالعاتی در خصوص کارایی این مدل در کشور و قابلیت‌های ویژه این مدل در شبیه‌سازی هیدرولوژی حوزه‌های آبخیز این تحقیق به معرفی این مدل پرداخته است تا زمینه کاربرد و ارزیابی آن در حوزه‌های آبخیز کشور را فراهم آورد.

**تاریخچه مدل J2000**

سیستم مدل‌سازی J2000 در سال ۱۹۹۷ در دانشگاه Friedrich Schiller کشور آلمان توسعه پیدا کرد (Krause,2001). مدل J2000 یک مدل هیدرولوژیکی فرآیندگرا و توزیعی برای حوضه‌های رودخانه‌های بزرگ می-باشد که با هدف پاسخگویی به چالش‌های موجود در مدیریت پایدار منابع آب ارایه شده است(Fischer et al,2009). اولین نسخه از سیستم مدل سازی، در C ++ ارایه شد و در سه حوضه بزرگ Mulde، Unstrut و Schwarze Elster از رودخانه Elbe در آلمان با موفقیت بکار گرفته شد ( Krause, 2001). پس از بررسی کامل مشخص شد که مدل J2000 به اندازه کافی برای استفاده در مناطق مختلف و برای مقاصد گوناگون انعطاف پذیر نیست. این محدودیت‌ها منجر به ارایه مدل در JAVA شد. این مدل به عنوان یک چارچوب مدل‌سازی برای اهداف هیدرولوژیکی طراحی شده است و بنابراین بسیار انعطاف‌پذیر است. نسخه فعلی J2000 می‌تواند به عنوان یک مدل انعطاف‌پذیر و آسان برای مقاصد هیدرولوژیکی استفاده شود. کاربرد این مدل در آلمان و آفریقای جنوبی نشان داد که این سیستم مدل‌سازی قادر به شبیه‌سازی شرایط هیدرولوژیکی به طور کامل و با کیفیت مناسب می‌باشد (Krause and Flugel, 2005). این مدل قابلیت کاربرد در حوضه‌های کوچک و بزرگ تا بیشتر از ۱۰۰۰ کیلومتر مربع را دارد (Krause et al., 2002). طرح اصلی مدل هیدرولوژیکی J2000 در شکل ۱ ارائه شده است (Nepal et al., 2014).




**شکل ۱ طرح اصلی مدل هیدرولوژی J2000**

**بخش‌های مدلJ2000**

چرخه آب در مدل J2000 در ۷ بخش شبیه‌سازی می‌شود. که شامل بخش‌های گیرش، آب خاک، آب زیرزمینی، روندیابی جریان، روندیابی جانبی، برف و بارش می‌باشد.

**گیرش گیاهی:** بخشی از بارش که توسط پوشش گیاهی جذب می شود گیرش گیاهی می‌باشد که از طریق تبخیر و یا تصعید به اتمسفر برمی‌گردد. نرخ گیرش توسط گیاه به نوع برگ، تاج پوشش، سرعت باد، تابش، دما و رطوبت اتمسفر بستگی دارد. محاسبه گیرش درمدل J2000 با توجه به ظرفیت ذخیره سازی(α) و شاخص سطح برگ (LAI) از طریق رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

$$Intmax = \alpha . LAI\ [mm]$$ رابطه ۱

در رابطه ۱، α ظرفیت ذخیره‌سازی در واحد سطح برگ بر حسب $M^2$ برحسب نوع بارش و LAI [mm] شاخص سطح برگ گونه‌های گیاهی سطح زمین می‌باشد (Nepal, 1980).

**آب خاک:** بخش آب خاک در فرآیند نفوذ، تبخیر و تعرق و ذخیره سازی عمل می‌کند. بدین منظور ابتدا، ظرفیت نفوذ آب پس از اشباع خاک و نفوذپذیری حداکثر با کمک روش تجربی برآورد می‌شود. حداکثر سرعت نفوذ به عنوان آستانه در نظر گرفته می‌شود. هنگامی که مقدار آب از این آستانه عبور کند، آب مازاد در ذخیره چالابی ذخیره شده و یا منجر به رواناب سطحی مستقیم می‌شود. حداکثر مقدار آب که می‌تواند در گودی‌های سطح جمع و ذخیره شود را به عنوان حداکثر ذخیره سازی چالابی (maxDepStor) در نظر می‌گیرند. علاوه بر این، ذخیره چالابی وابسته به شرایط سطح زمین می‌باشد. همچنین در دامنه‌هایی که شیب بیشتر از ۵٪ است میزان ذخیره نصف می‌شود. تخلیه آب بارش ذخیره شده به صورت چالاب، رواناب مستقیم سطحی را به وجود می‌آورد. به منظور محاسبه نفوذ (INF)، یک روش تجربی (رابطه ۲) در J2000 استفاده می‌شود. برای این منظور، مقدار سرعت نفوذ حداکثر که توسط کاربر تعریف شده (maxINF , D /MM)، در برابر کسری اشباع نسبی خاک (soilsat) در نظر گرفته می‌شود.

$$Inf = (1\text{-}soil_{sat}).maxINF$$ رابطه ۲

$$soilsat = \frac{(MPScat+LPScat)}{(MPSmax+LPSmax)}$$ رابطه ۳

در رابطه ۳ MPSact، MPSmax به ترتیب ذخیره سازی حداکثر و واقعی منافذ متوسط و LPSact، LPSmax ذخیره سازی حداکثر و واقعی منافذ بزرگ می‌باشد( Nepal, 1980 ).

**آب زیرزمینی:** در بخش آب‌های زیرزمینی در J2000 رواناب‌های زیرزمینی از همه اشکال زمین‌شناسی حوضه آبخیز با در نظر گرفتن رفتارهای مختلف ذخیره‌سازی و رواناب شبیه‌سازی می‌شود. واحدهای زمین‌شناسی در مدل به دو قسمت آبخوان بالایی و آبخوان پایینی تقسیم می‌شود. قسمت بالایی آبخوان(RG1) که شامل مواد هوازده با نفوذپذیری بالا می‌باشد به علت نفوذپذیری بالا رواناب سریع در آبخوان وجود دارد. قسمت پایینی آبخوان(RG2) شامل شکستگی‌ها و درز و شکاف در سنگ بستر می‌باشد و رواناب تشکیل شده در این قسمت آهسته و کند می‌باشد.

خروج آب‌های زیرزمینی می‌تواند از طریق رواناب زیرزمینی فرعی و همچنین ارتفاع موبینه‌گی در منطقه غیراشباع انجام شود. ضرایب ذخیره‌سازی برای مخازن (recRG1 و recRG2 )، که به عنوان زمان ماندگاری آب در سازند در نظر گرفته می‌شود و مقدار ذخیره‌سازی واقعی (actRG1 و actRG2) برای محاسبه رواناب آب زیرزمینی(outRG1 و outRG2) در رابطه ۶ و ۷ استفاده می‌شود.

$$outRG1 = \frac{1}{gwRG1Fact * recRG1} * actFG1\ [mm]$$

رابطه ۶

$$outRG2 = \frac{1}{gwRG2Fact * recRG2} * actFG2\ [mm]$$

رابطه ۷

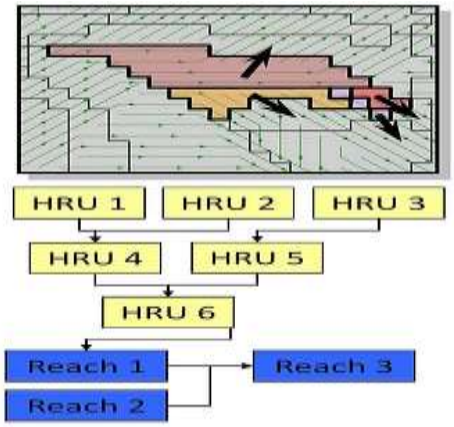
در رابطه ۶ و ۷ gwRGFact ضریب کالیبراسیون می‌باشد(Nepal, 1980 ).

**روندیابی جریان:** توصیف پدیده‌های جریان در کانال شامل زمان اوج، سرعت انتقال و محاسبه جریان می‌باشد که با توجه به روابط مانینگ و استریکلر محاسبه می‌شود. تنها پارامتر این بخش ضریب روندیابی(TA) می‌باشد که توسط کاربر تنظیم می‌شود. این ضریب نشان دهنده زمان حرکت و تخلیه رواناب در داخل کانال پس از یک واقعه بارش می‌باشد. از سرعت جریان (V) و طول جریان (FL) برای محاسبه ضریب حفظ رواناب (RK) استفاده می‌شود (Nepal, 1980 ).

$$RK = \frac{v}{fl} * TA * 3600\ [-]$$

رابطه ۸

**روندیابی جانبی:** این بخش توصیف انتقال آب از هر واحد هیدرولوژیکی به واحد دیگر از بالادست حوضه آبخیز تا منطقه خروجی جریان را نشان می‌دهد (شکل ۲)(Nepal,1980 ).




**شکل ۲ روندیابی جانبی در واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی و بازه‌های رودخانه**

**برف:** این بخش شامل محاسبه مراحل مختلف تجمع، دگردیسی و ذوب برف است. بخش پیچیده برف در مدل از Knauf (1980) اقتباس شده است. بخش برف به محاسبه تغییر حالت موجود در برف، به ویژه تغییرات چگالی برف به دلیل ذوب و فشردگی می‌پردازد. برای مدل ظرفیت‌های مختلف آب برف شامل آب معادل برف واقعی (SWEdry) و آب ذخیره شده در برف در حالت انجماد (SWEtot) در نظر گرفته شده است. با توجه به دمای روزانه می توان دمای تجمع و ذوب برف را به ترتیب با استفاده از رابطه های ۹ و ۱۰ محاسبه کرد. (Nepal,1980).

$$Tacc = \frac{(Tmin+Tmean}{2}\ [oc]$$

رابطه ۹

$$Tmelt = \frac{(Tmax+Tmean}{2}\ [oc]$$

رابطه ۱۰

**بارش:** در سیستم مدل سازی J2000، نوع بارش بر اساس دمای هوا تعیین می‌شود. به منظور تعیین مقدار برف و باران، دو دمای آستانه نظر گرفته می‌شود. اندازه‌گیری بارش در یک منطقه با خطاهایی مانند خطاهای اندازه‌گیری سیستماتیک

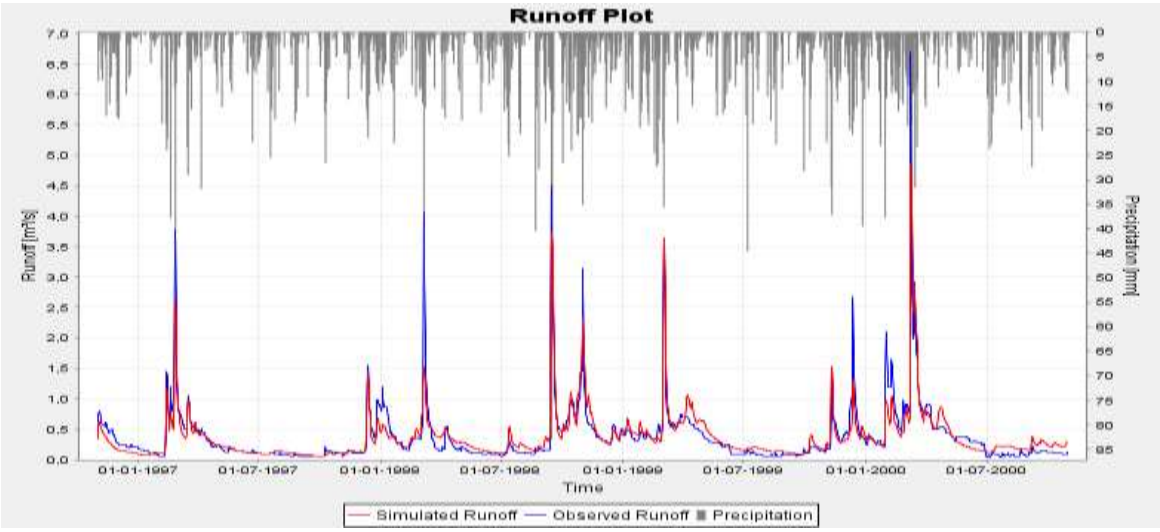
در طول اندازه‌گیری بارش مواجه است.که اصلاح خطای بارندگی در مدل J2000 برای تبخیر و اثر باد انجام می شود (Nepal, 1980).

محاسبه تبخیر و تعرق در مدل J2000 با روش پنمن-مانتیث محاسبه می‌شود. در حوضه‌های مختلف ممکن است بعضی از اطلاعات اقلیمی نظیر ساعات آفتابی یا سرعت باد و رطوبت در دسترس نباشد، لذا برای رفع این مشکل علاوه بر روش پنمن ـ مانتیث امکان استفاده از روش هارگریوز هم برای محاسبه تبخیر و تعرق ارایه شده است. محاسبه تبخیر و تعرق در J2000 با معادله پنمن-مانتیث در چند مرحله با توجه به پارامترهای مختلف انجام می‌شود و دو مقدار تبخیر برای هر شبانه روز شامل مقدار تبخیر و تعرق در روز (شاخص d) و شب (شاخص n) محاسبه می‌شود. (Nepal, 1980).

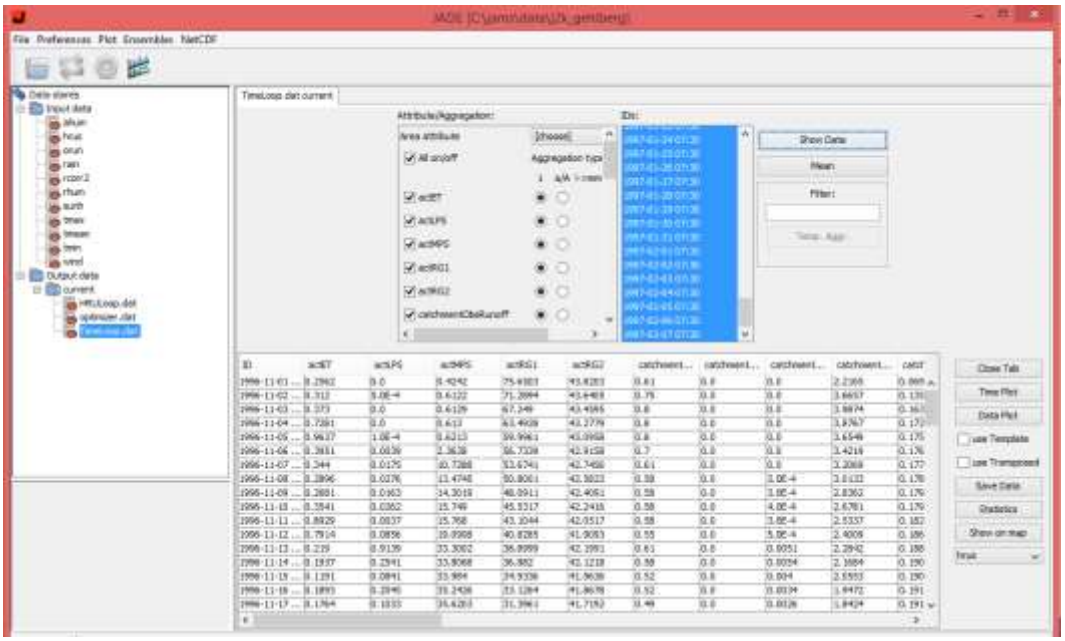
**داده‌های ورودی و خروجی‌های مدل**

جهت شبیه‌سازی هیدرولوژی حوضه در J2000 نیاز به داده‌های هواشناسی(دما، بارندگی، ساعات آفتابی، سرعت باد و رطوبت)، داده‌های مکانی شامل مدل ارتفاعی رقومی(DEM)، کاربری اراضی، اطلاعات خاک و شرایط زمین‌شناسی است (Julian et al., 2013). با استفاده از داده‌های مکانی حوضه، زیرحوضه‌های مختلف و واحدهای پاسخ هیدرولوژیک بر اساس آستانه تعریف شده توسط کاربر مشخص می‌شود. رواناب با استفاده از بخش‌های مختلف مدل برآورد شده و سهم نفوذ کسر می‌شود. سپس با استفاده از ماژول روندیابی تا خروجی حوضه ادامه می‌یابد.

پس از اجرای مدل نتایج به صورت‌های گرافیکی و عددی قابل مشاهده می‌باشد. در شکل ۳ نمونه هیدروگراف مشاهده‌ای و شبیه‌سازی مدل در مقیاس روزانه نشان داده شده است. همچنین نتایج در قالب جداول و سری‌های زمانی قابل مشاهده می‌باشد( شکل ۴). یکی از مزیت‌های اصلی کار با مدل دریافت نتایج برای بخش‌های مختلف چرخه آب می‌باشد مدل ۳ نوع خروجی ارایه می کند و قادر به تفکیک بخش‌های مختلف رواناب سطحی و سهم هر بخش می‌باشد.

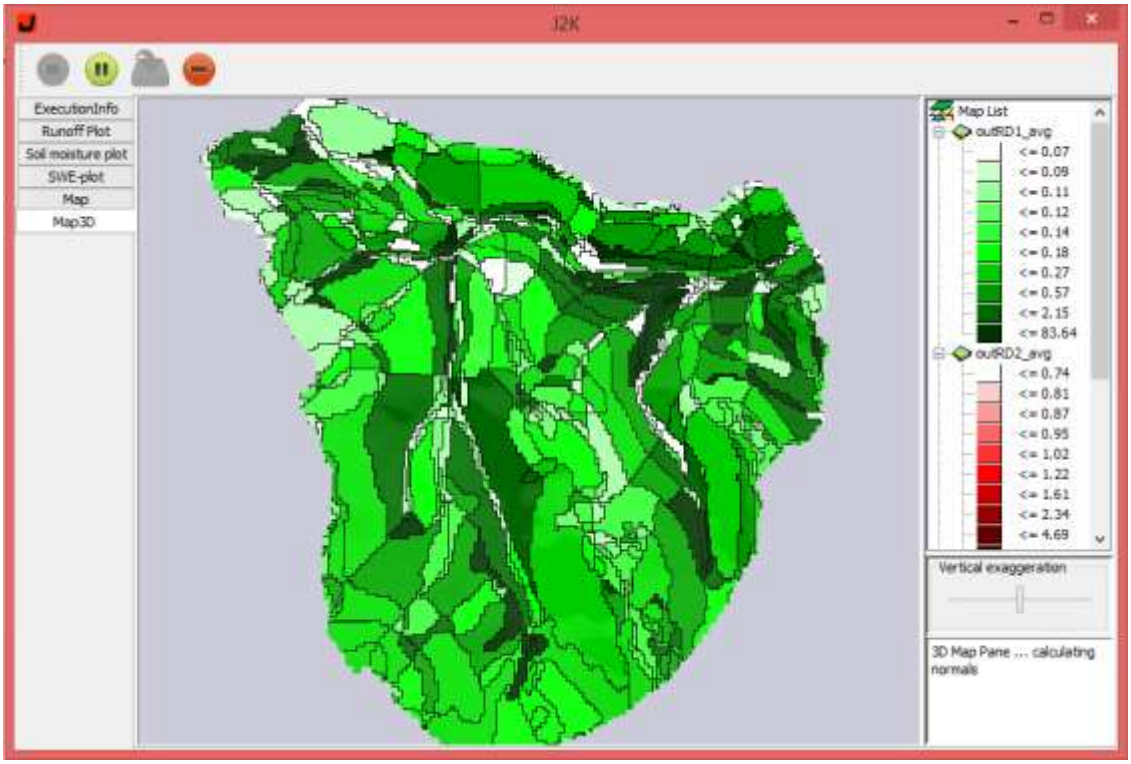



**شکل۳ خروجی گرافیکی مدلJ2000 برای هیدروگراف مشاهده‌ای و شبیه‌سازی مدل**



**شکل٤ خروجی عددی مدلJ2000**

توزیعی بودن این مدل و ارایه نتایج در هر واحد پاسخ هیدرولوژیکی از دیگر مزایای آن است که امکان تلفیق اقدامات مدیریت حوضه و اثر تغییرات مکانی آن را در سیلاب و هیدرولوژی حوضه را ممکن می‌سازد. توزیع مکانی متغیرهای خروجی مانند بارش، تبخیر و تعرق، رطوبت خاک، اجزاء رواناب، شکل دو بعدی و سه بعدی از حوزه و میزان تبخیر و تعرق را می‌توان در پایان اجرای مدل مشاهده کرد در شکل ۵ نمونه خروجی مدل برای بخش رواناب سطحی حوضه ارایه شده است.




**شکل٥ نمای سه بعدی حوزه آبخیز**

## نتیجه گیری

امروزه در مسائل مربوط به مهندسی آب و مدیریت حوزه‌های آبخیز، شیوه‌های مدل‌سازی هیدرولوژیکی به منظور درک بهتر عوامل موثر در چرخه آب بسیار رایج می‌باشد. با تکنیک مدل‌سازی، پارامترهای مختلف کمی وکیفی مورد مطالعه به درستی ارزیابی شده و نتایج حاصل از مدل به طور واقعی پدیده مورد نظر را که در زمان و مکان می‌تواند اتفاق افتد، نمایانگر می‌سازد.

مدل J2000 یک مدل حوضه توزیعی و فرآیند گراست که با قابلیت استفاده در حوضه‌های بزرگ و کوچک ارایه شده است این مدل قادر به تمایز اجزا رواناب ناشی از برف و یخچال‌ها به بخش‌های مختلف سطحی، زیرسطحی، زیرزمینی و پایه می-باشد. قابلیت شبیه‌سازی بخش‌های مختلف چرخه آب، توزیعی بودن مدل و ارایه نتایج در هر واحد هیدرولوژیک، ارایه نتایج به صورت داده‌های جدولی و گرافیکی و کاربرپسند بودن مدل از مزیت‌های اصلی آن است . همچنین سهولت واسنجی به دلیل تعداد پارامترهای کالیبراسیون کمتر و داشتن ابزارهای مناسب برای ارزیابی مدل از ویژگی‌های این مدل می‌باشد. لذا با توجه به مزیت‌های این مدل توصیه می‌شود که کارایی آن در مطالعات هیدرولوژی مورد بررسی قرار بگیرد.

## مراجع


۱ـ آبابایی، ب.، و سهرابی، ت.( ۱۳۸۸)،" ارزیابی عملکرد مدل SWAT در حوضه آبریز زاینده رود"، مجله پژوهشی حفاظت آب و خاک جلد۱۶، شماره ۳.

۲ـ آذری،م.، صادقی، س. ح. ر.، تلوری، ع. ر.(۱۳۸۵) " تلفیق مدل‌هاي HEC-HMS و HEC-RAS در GIS به منظور شبیه سازي سیلاب (مطالعه موردي: حوزه جاغرق)" اولین همایش ملی مهندسی مسیلها (کالها)، مشهد

۳ـ اسمعلی، ا. و محمدی، ح. (۱۳۸۸)، " پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران" دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۴ـ تیموری مقدم، ع.ر.، رهنما، ق.ا. و احمدیان،م. (۱۳۸۸)، "واسنجی مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS در شبیه‌سازی بارش-رواناب حوضه آبریز ماهیدشت" همایش ملی مدیریت بحران آب، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران.

۵ـ زارعی، م.، حبیب نژاد، ر.، قنبرپور، م ح.، شاهدی، ک، (۱۳۸۸)، "طبقه مدل بندی های هیدرولوژیکی و مدل تشریح بارش - رواناب IHACRES" ، پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگا ن.

۶ـ سعادتی، ح. (۱۳۸۱)، "بررسی اثرات کاربری ارضی بر روی شبیهسازی دبی روزانه با استفاده از مدل SWAT" پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه آبخیزداری. دانشکده طبیعی و علوم دریایی نور. دانشگاه تربیت مدرس. ۱۲۱ ص.

۷ـ شریفی، ف. صفار پور، ش. و ایوب زاده، س. ع. (۱۳۸۳)، " ارزیابی مدل رایانه‌ایAWBM2002 در شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی تعدادی از حوزه‌های آبخیز ایران"، پژوهش و سازندگی، شماره ۶۳ ص ۴۲-۳۵.

۸ـ صفار پور، ش. (۱۳۸۱)، تخمین آستانه شروع رواناب با استفاده از شبیه‌سازی داده های بارش و رواناب .پایاننامه کارشناسی ارشد .گروه آبخیزداری .دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور .دانشگاه تربیت مدرس 103 .ص.

۹ـ عباسی‌زاده، م. و نام درست، ج. (۱۳۸۷)، "شبیه سازی رواناب خروجی در حوزه های آبخیز فاقد آمار با استفاده از مدل بارش -رواناب AWBM، فصلنامه « دانش کشاورزی ایران » جلد ۵/ شماره ۳/ پاییز ۱۳۸۷.

۱۰ـ گوهری، ا.(۱۳۷۷)، ارزیابی مدل SFB در حوزه های آبخیز غرب ایران .پایان نامه کارشناسی ارشد .مرکز آموزش امام خمینی 109ص.

۱۱ـ گودرزی، م ح.، ذهبیون، ب.، مساح برانی ع ر ، کمال، ع ر. (۱۳۹۱)، "مقایسه عملکرد سه مدل هیدرولوژی SIMHYD و IHACRES ،SWAT در شبیه‌سازی رواناب حوضه قره‌سو"، مدیریت آب و آبیاری، دوره ۲، شماره ۱، صص ۲۵-۴۰.

۱۲ـ نام درست، ج. و زرین، ه.ا. (۱۳۸۷)، "شبیه‌سازی رواناب خروجی در حوزه‌های فاقد امار با استفاده از مدل بارش-رواناب SFB" اولین کنفرانس بین المللی بحران آب، دانشگاه زابل، زابل، ایران، ۲۰-۲۲ اسفند ماه.

13 Fischer.C, Kralisch.S, Krause.P, Fink.M and. Flügel.W.A, (2009), "Calibration of hydrological model parameters with the JAMS framework" 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17.

14 Julian,M.M., Fink,M., Fischer,C., Krause,P., Flügel,W.A,( 2013), " Impalementation of J2000 Hydrological Model in the westwrn part of java island, Indonesia" The Journal of MacroTrends in Applied Science. JMAS Vol 1 Issue 1

15 Krause, P.(2001), "Das hydrologische Modell system J2000 -Beschreibung und Anwendung in großen Flußgebieten(The hydrological modelling system J2000- Documentation and application in large river basins) „ Schriften des Forschungszentrums J¨ulich, Reihe Umwelt/Environment, Band 29.

16 Krause, P., (2002 ), "Quantifying the Impact of Land Use Changes on the Water Balance of Large Catchments using the J2000 Model", Physics and Chemistry of the Earth, 2, pp 663-673.

17 Krause, P., Flügel, W.-A, (2005), "Integrated research on the hydrological process dynamics from the Wilde Gera catchment in Germany" in: Headwater Con-trol VI: Hydrology, Ecology and Water Resources in Headwaters. Present-ed at the IAHS Conference, Bergen.

18 Lutz, A.F., Immerzeel, W.W., Shrestha, A.B., Bierkens, M.F.P., (2014), "Consistent increase in High Asia's runoff due to increasing glacier melt and precipitation" Nat. Clim. Chang. 4(7), 587-592.

19 Mankin, K.R., Koelliker, J.K., Kalita, P.K., (1999), "Watershed and lake water quality assessment: An integrated modeling approach" Journal American Water Resources Association 35 (5), 1069-1088.

20 Nepal, S., Krause, P., Flügel, W.-A., Fink, M., Fischer, C., (2014), "Understanding the hydrological system dynamics of a glaciated alpine catchment in the Himalayan region using the J2000 hydrological model" Hydrol. Process. 28, 1329–1344.