دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

تعیین پارامترهای مدل مفهومی ناش با استفاده از واسنجی اتوماتیک در حوزه کسیلیان

مصطفی اصلانی[۱]، رامین فضل اولی[۲] و مجتبی احمدی زاده[۳]

۱- کارشناس ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: m.aslani7960@gmail.com)
۲- استادیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- دانشجوی دکتری، دانشگاه بوعلی‌سینا همدان

تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۲/۲/۲۱

چکیده

استفاده‌ی مناسب از مدل‌های مفهومی،بارش- رواناب، به چگونگی واسنجی پارامترهای آنها بستگی دارد. اساساً مدل‌های بارش- رواناب دارای پارامترهای متعددی هستند که به طور مستقیم قابل اندازه‌گیری نمی‌باشند و لازم است که آنها را در طی واسنجی مدل تخمین زد. هدف از انجام واسنجی، یافتن مقادیری از پارامترها است که باعث بهینه شدن معیارهای نیکویی واسنجی می‌شوند. در این تحقیق، روش واسنجی الگوریتم ژنتیک پیوسته، به منظور تخمین پارامترهای مدل مفهومی ناش (n, k) مورد استفاده قرار گرفته است. کارآیی این روش با بکارگیری پارامترهای تخمینی در شبیه‌سازی وقایع مختلف بارندگی- رواناب واقع در حوزه کسیلیان در استان مازندران مورد ارزیابی قرار گرفت. معیارهای ارزیابی و نتایج نشان می‌دهند که مدل ارائه شده، قادر به تعیین پارامترهای ورودی مدل ناش با دقت و کارایی بالا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: واسنجی اتومات، مدل مفهومی بارش‌رواناب، حوزه آبخیز کسیلیان، الگوریتم ژنتیک

مقدمه

به دلیل پیچیدگی فرایند بارش - رواناب، مدل‌های فراوانی جهت مدل‌سازی این فرایند مورد استفاده قرار گرفته است که انواع آن توسط نورانی و همکاران (۱۶) آورده شده است. اما اغلب از مدل‌های مفهومی برای شبیه‌سازی و آنالیز این فرایند استفاده می‌شود که در این بین می‌توان مدل مخزن خطی که توسط زاش (Zoch) در سال ۱۹۳۴ ارائه شد را قدیمی‌ترین، ساده ترین و پرکاربردترین مدل تفهیمی در ارتباط با شبیه‌سازی فرآیند بارش- رواناب و روندیابی جریان دانست که پایهٔ اغلب مدل‌های تفهیمی دیگر می‌باشد. نورانی و منجم (۱۷) به تحقیق مدل مخازن خطی آبشاری با ضرایب ذخیره یکسان ناش، اولین مدل تفهیمی با استفاده از مفهوم مخزن خطی ناش (ناش ۱۹۵۷)، است که دارای پایه ریاضی بوده و یک رابطه صریح ریاضی برای IUH[۱] یک حوزه ارائه می‌کند. در ادامه، دوگ (۶)، با در نظر گرفتن اثر انتقال جریان و اضافه کردن مفهوم کانال خطی به مدل ناش یک مدل کاملتر برای محاسبه‌ی IUH یک حوزه ارائه داد. ولی چون رابطه‌ی IUH حاصل برای مسائل کاربردی پیچیده به آسانی قابل حل نمی‌باشد، چند مدل ساده شده از این مدل ارائه شدند. جِنگ و کوون (۱۰) و وَنگ و چِن (۲۴) مدل‌هایی را که بر پایه مفاهیم مدل مخازن خط یا آبشاری و مفهوم کریجینگ شکل گرفته بودند را ارائه نمودند.

در سال‌های اخیر مدل‌های کامپیوتری فراوانی بر مبنای مفهوم مخازن خطی پایه‌ریزی گردیده‌اند که از آن جمله می‌توان به مدل‌هایی مانند RORB، TANK، SOSM و SSAR اشاره نمود که توسط سینگ و وولهیسر (۲۲) به اختصار توضیح داده شده‌اند.

مدل‌های یاد شده دارای پارامترهای زیادی می‌باشند لذا هیدرولوژیست‌ها در مسیر ایجاد و گسترش مدل‌های نیمه توزیعی قرار گرفتند. نورانی و مانی (۱۶). این نوع مدل‌ها با استفاده از مفهوم روندیابی ژئومورفولوژیکی و ارائه آبنمود واحد ژئومورفولوژیکی (GUH)[۲] معرفی گردیدند و جرقه استفاده از این نوع روندیابی برای حوزه‌هایی که داده‌های مشاهداتی به طور کامل وجود نداشتند در اواخر دهه هفتاد زده شد و سعی شد که اغلب پارامترهای مدل بر اساس ویژگی‌های فیزیکی حوزه تخمین زده شوند. در این راه توسط بوید (۳) و بوید و همکاران (۴) مدل روندیابی ذخیره‌ای بر مبنای ژئومورفولوژی حوزه ارائه شد.

مدیریت صحیح حوزه‌های آبخیز یکی از مهم‌ترین روش‌های استفاده‌ی بهینه از منابع آب و خاک می‌باشد. برای این‌کار ، نیاز به اطلاعات جامع و کاملی از روش‌های مدیریتی و اجرایی متفاوت است. در کشور ما اکثر حوزه‌های آبخیز، به ویژه حوزه‌های آبخیز کوهستانی، فاقد ایستگاه‌های هیدرومتری به تعداد کافی می‌باشند و هرگونه برنامه‌ریزی عمرانی و مدیریتی را با مشکل مواجه

1- Instantaneous Unit Hydrograph
2- Geomorphologic Unit Hydrograph

Archive of SID
www.SID.ir

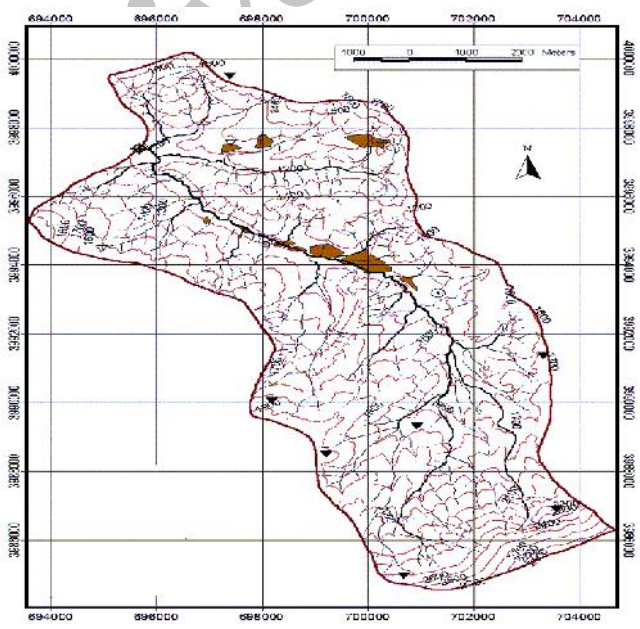
می‌سازند. برای مقابله با این معضل، متخصصین علم آبخیزداری، هیدرولوژیست‌ها و محققین منابع آب راه‌حل‌های مختلفی مانند فرمول‌های تجربی و مدل‌های ریاضی و کامپیوتری عرضه کرده‌اند که تاکنون هیچ‌یک نتوانسته‌اند راه‌حل مطلوبی ارائه دهند. عقیده بر این است که شبیه‌سازی پدیده‌های هیدرولوژی در حوزه‌های آبخیز می‌تواند راه‌حل بهینه‌ای برای آنها باشد.

از آنجا که اندازه‌گیری مستقیم بسیاری از پارامترها در مقیاس حوزه‌ای مشکل است و یا حتی امکان‌پذیر نمی‌باشد، لازم است مدل برای حوزه‌ی مورد نظر واسنجی گردد. در این تحقیق، هدف تعیین کاربرد مدل ناش برای شبیه‌سازی رواناب حوزه‌ی کسیلیان می‌باشد. از طرفی تئوری و کاربرد تکنیک‌های بهینه‌سازی سراسری در طول دهه گذشته افزایش چشم‌گیری داشته و الگوریتم‌های مختلفی برای آنها ارائه شده است. رشد سریع کاربردهای محاسبات کامپیوتری کمک شایانی به استفاده از روش‌های بهینه‌سازی سراسری در مدل‌های ارائه شده در علوم مهندسی و من‌جمله مدل مفهومی ناش کرده است. در این تحقیق همچنین از روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک برای واسنجی اتوماتیک مدل ناش در حوزه‌ی کسیلیان واقع در استان مازندران استفاد شده است.

مواد و روش‌ها

خصوصیات منطقه‌ی مورد مطالعه

حوزه‌ی آبخیز معرف کسیلیان با مساحت ۶۸/۲۲ کیلومتر مربع در ارتفاعات زون مرکزی سلسله جبال البرز در استان مازندران قرار دارد. این حوزه از شش زیر حوزه‌ی اصلی تشکیل شده است. گستردگی جغرافیایی این حوزه از ´۱۸، °۵۳ تا ´۳۰، °۵۳ طول شرقی و ´۵۸، ° ۳۵ و ´۷، °۳۶ عرض شمالی است. حداقل ارتفاع آن ۱۱۲۰ و حداکثر ۳۳۵۰ متر است و دارای متوسط بارندگی ۸۰۰ میلی‌متر می‌باشد. طول رودخانه‌ی اصلی حوزه ۱۶/۵ کیلومتر است که متوسط شیبی برابر ۱۳/۳٪ را به خود اختصاص می‌دهد. کل سطح حوزه‌ی کسیلیان از پوشش جنگل، مرتع و زمین زراعی پوشیده شده است. خاک‌های حوزه نیز عمدتاً از نوع پدوزولیک، قهوه‌ای جنگلی و رسوبی می‌باشد. شبکه‌ی ایستگاه‌های هواشناسی در حوزه شامل دو ایستگاه هواشناسی کلیماتولوژی و ۱۰ ایستگاه باران‌سنجی معمولی و ذخیره‌ای می‌باشد. در شکل ۱، شمای کلی و ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری حوزه آبخیز کسیلیان آمده است. جدول ۱، برخی ویژگی‌های رویدادهای مورد استفاده در تجزیه و تحلیل ارائه شده است.



شکل ۱- شمای کلی و ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری حوزه آبخیز معرف کسیلیان

Archive of SID

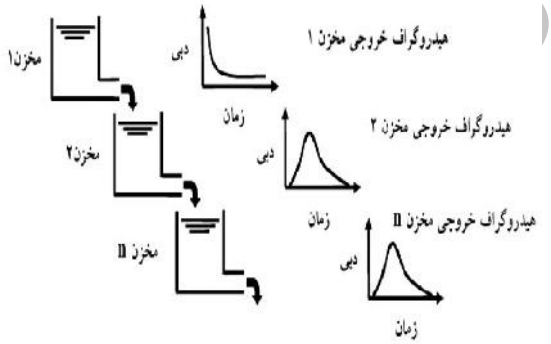
www.SID.ir

جدول ۱- برخی ویژگی‌های رویدادهای مورد استفاده در تجزیه و تحلیل

ردیف واقعه	مدت بارش (ساعت)	میزان بارش (میلی‌متر)
۱	۴	۱/۴۵
۲	۱۲	۱۰/۰۳
۳	۱۴	۳/۶۸
۴	۷	۱/۰۸
۵	۱۴	۳/۵۵
۶	۱۱	۴/۹۵
۷	۱۹	۸/۱
۸	۱۶	۴/۳۲۵
۹	۸	۸۸
۱۰	۱۱	۱۰/۵

هیدروگراف واحد لحظه‌ای ناش[1]

بر اساس مفهوم هیدروگراف واحد لحظه‌ای، ناش در سال ۱۹۵۹ مدل مفهومی ارائه کرد که به روش مخزن خطی شناخته شده است. سینگ و همکاران (۲۱) و اگیر و همکاران (۱۱۳) فرمول‌بندی هیدروگراف واحد لحظه‌ای ناش بر فرض رفتار آبخیز به‌عنوان آبشاری از مخازن خطی متوالی بنا نهاده شده است (شکل ۲).



شکل ۲- رفتار آبخیز به عنوان آبشاری از مخازن خطی متوالی (۱۳)

بر اساس شکل ۲، بارش مؤثر به‌صورت لحظه‌ای به نخستین مخزن وارد می‌شود. در این روش، حوزه‌ی آبخیز از n مخزن خطی تشکیل شده است که به‌صورت سری به هم ارتباط دارند. به گونه‌ای که بین انبارش (ذخیره) و جریان خروجی هر مخزن رابطه‌ی S=ko برقرار است. فرض بر این است که پس از پر شدن نخستین مخزن، جریان خروجی وارد دومین مخزن و به همین ترتیب تا آخرین مخزن ادامه می‌یابد.

بنابراین روابط پیوستگی (رابطه‌ی ۱) و ذخیره (رابطه‌ی ۲) برای هر یک از مخازن اعمال می‌شود، (۲۳،۱).

$$I_t - O_t = k\left[\frac{d_o}{d_t}\right] \quad (۱)$$

$$S_t = ko_t \quad (۲)$$

که در آن I(t)، ورودی به مخزن، شامل بارش یا رواناب و یا هر دو، O(t)، جریان خروجی از مخزن بوده، S(t)، میزان ذخیره و k ضریب ثابت ذخیره (متوسط مدت زمان فروکش) بر حسب زمان است.

چون برای نخستین مخزن در زمان t>0، جریان ورودی I=0 است، رابطه‌ی (۱) را می‌توان به‌صورت (۳) تا (۶) نشان داد (۱۴).

$$-O_1 = k\left[\frac{d_{o1}}{d_t}\right] \quad (۳)$$

$$\frac{d_{o1}}{O_1} = -\frac{1}{k}d_t \quad (۴)$$

$$\ln(O_1) = \frac{-1}{k}t \quad (۵)$$

$$O_1 = \frac{1}{k}e^{\frac{-t}{k}} \quad (۶)$$

رابطه‌ی (۶) جریان خروجی از نخستین مخزن را بیان می‌کند. در ادامه‌ی جریان خروجی نخستین مخزن، به صورت جریان ورودی به مخزن بعدی در نظر گرفته می‌شود. روابط (۷) تا (۹) برای n مخزن به‌صورت سری به ترتیب نوشته می‌شود:

$$O_1 - O_2 = k\left[\frac{d_{o2}}{d_t}\right] \quad (۷)$$

$$O_2 = \frac{1}{k}\left[\frac{t}{k}\right]e^{\frac{-t}{k}} \quad (۸)$$

1- Instantaneous unit hydrograph

Archive of SID

www.SID.ir

$$O_2 = \frac{1}{2k}\left[\frac{t}{k}\right]^2 e^{\frac{-t}{k}} \quad (۹)$$

با توجه به روابط (۱) و (۲)، توصیف رفتار آبخیز بر اساس رابطه‌ی (۱۰) خواهد بود:

$$(kD+1)O = 1 \quad (۱۰)$$

که در آن، D برابر با $\frac{d_2}{d_t}$ است. با در نظر گرفتن رابطه‌ی (۱۰) خروجی به دست آمده از درون n مخزن خطی و ضریب ذخیره‌ی k، به صورت رابطه‌ی (۱۱) بیان خواهد شد (۲۱).

$$Q_n = \frac{1}{k\Gamma(n)}\left(\frac{t}{k}\right)^{n-1} e^{\frac{-t}{k}} \quad (۱۱)$$

رابطه‌ی (۱۱)، یک توزیع گاما با پارامترهای n و k است که می‌توان آن‌را با استفاده از قضیه‌ی تلفیق لاپلاس اثبات نمود. در این توزیع، پارامتر $\Gamma_{(n)}$ تابع گامای n است که برابر با (n-1) فاکتوریل است.

برای محاسبه‌ی رابطه‌ی (۱۱)، باید n و k برآورد شوند. برای محاسبه پارامترهای n و k در روش ناش شیوه‌های متعددی ارائه شده است. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش گشتاورها، روش تجربی، سعی و خطا، ترسیمی و .... اشاره نمود.

روش تجربی ناش

ناش بر اساس مطالعات خود در برخی از حوزه‌های آبخیز انگلستان روابطی را پیشنهاد نمود. در این روش، پارامترهای n و k، با استفاده از خصوصیات آبخیز بر اساس روابط (۱۲) و (۱۳) برآورد می‌شود.

$$n = 2/29L^{0/1} \quad (۱۲)$$

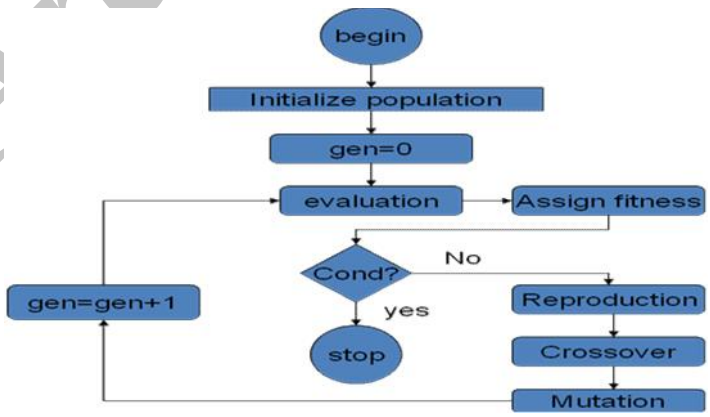
$$k = \left(\frac{1/2A^{0/3}}{L^{1/1}S^{0/3}}\right) \quad (۱۳)$$

روش واسنجی مدل محاسباتی ناش

در واسنجی مدل می‌توان توابع مختلفی را انتخاب و مدل را بر اساس آنها واسنجی کرد. در واسنجی می‌توان یکی و یا ترکیباتی از حداقل‌سازی خطا را در یکی از عوامل دبی اوج، دبی پیک، دبی پایه و شکل هیدروگراف انتخاب کرد.

بهینه‌سازی

بهینه‌سازی یافتن بهترین جواب برای مسئله است. یکی از الگوریتم‌های هوشمند شاخه‌ی تکاملی الگوریتم ژنتیک می‌باشد (۲۵). الگوریتم ژنتیک، عملیات جستجو را از چندین نقطه در فضای پاسخ آغاز می‌کند. هر کدام از این نقاط، یک طرح اولیه و یا به بیان دیگر یک کروموزوم می‌باشد. با توجه به این موضوع، الگوریتم ژنتیک ابتدا تعدادی از این کروموزم‌ها را ایجاد می‌کند که به آن جمعیت اولیه گفته می‌شود. این کروموزوم‌ها بررسی شده و متناسب با برازندگی آنها، مقدارهایی به آنها نسبت داده می‌شود. پس از اتمام بررسی برازندگی تمام افراد جامعه، الگوریتم ژنتیک افراد بهتر را برای ایجاد نسل آینده انتخاب می‌نماید. پس از انتخاب کروموزوم‌ها، با استفاده از عملگر پیوند ترکیبی جدید از آنها به وجود می‌آید. یک عملگر جهش می‌تواند بخش‌هایی از رشته‌های جدید را اصلاح نماید، به گونه‌ای‌که ممکن است خصوصیات جدید حتی در والدین وجود نداشته باشند. پس از تأثیر این عملگرها، نسل جدیدی ایجاد می‌شود که معمولاً دارای برازندگی بیشتری نسبت به نسل پیش از خود است. نسل جدید جانشین نسل پیشین شده و این چرخه تا برآورده شدن معیارهای توقف الگوریتم ادامه خواهد یافت و برازنده‌ترین فرد نسل همگرا شده، جواب مساله خواهد بود (۲۵). شکل ۳، فلوچارت الگوریتم ژنتیک را نشان می‌دهد.



شکل ۳- فلوچارت الگوریتم ژنتیک (وب سایت ویکیپدیا)

در پژوهش حاضر، مقادیر متغیرهای تصمیم‌گیری شامل پارامترهای n و k می‌باشد. تابع هدف به کار رفته در این پژوهش عبارت از جذر میانگین مجموع مربعات اختلاف دبی‌های مشاهده‌ای و محاسبه‌ای است.

Archive of SID

www.SID.ir

$$OF = \left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Qo_i - Qc_i)^2\right)^{1/2} \quad (۱۴)$$

اعتبارسنجی

رویدادهای بارش و رواناب موجود به صورت تصادفی به دو دسته تقسیم شدند. به منظور درستی و دقت بیش‌تر در برآورد مقادیر ورودی مدل از ۹ رویداد مشاهداتی دسته‌ی اول برای محاسبه‌ی مقادیر پارامترهای n و k به روش واسنجی الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. سپس مدل خطی ناش تهیه گردید. بر اساس نظر هاوز و آبراهامز (۸)، در ارزیابی کارایی مدل باید توجه نمود که پارامترهای ورودی با دقت بالایی برآورد شده باشند. در غیر این صورت نتایج ارزیابی قابل اعتماد نخواهند بود. بنابراین تعداد رویدادهای بیشتری برای برآورد پارامترها در مرحله‌ی واسنجی در نظر گرفته شدند و اعتبارسنجی مدل برای تک رویداد دسته‌ی دوم انجام گرفت. گفتنی است که از رویداد دسته‌ی دوم در برآورد پارامترها استفاده نشده است. سینگ و همکاران (۲۱) میانگین مقادیر پارامترهای برآورد شده‌ی n و k در مرحله‌ی قبلی برای اعتبارسنجی و آزمون مدل ناش مورد استفاده قرار دادند. در مرحله‌ی بعد هیدروگراف واحد آبخیز کسیلیان تهیه شد. نتایج مدل با هیدروگراف‌های رواناب شبیه‌سازی شد و با هیدروگراف‌های رواناب مستقیم رگبار دسته‌ی دوم مورد مقایسه قرار گرفت. بر اساس پژوهش‌های سارنگی و همکاران (۲۰)، لهوم (۱۱)، صادقی و دهقانی (۱۹) و بهره‌مند (۲)، در ارزیابی کارایی مدل، معیارهای نش- ساتکلیف (رابطه‌ی ۱۵)، میزان خطای نسبی در دبی پیک (رابطه‌ی ۱۶)، میزان خطای نسبی در زمان تا اوج (رابطه‌ی ۱۷)، خطای حجم جریان (رابطه‌ی ۱۸) و مجموع مربعات باقیمانده‌ها (رابطه‌ی ۱۹)، مورد استفاده قرار گرفت.

$$NS = 1 - \sum_{i=1}^{n}(Q_{si} - Q_{oi})^2 / \sum_{i=1}^{n}(Q_{oi} - \overline{Q_o})^2 \quad (۱۵)$$

$$RE\%_{Qp} = 100\left|\frac{Q_s(peak) - Q_o(peak)}{Q_o(peak)}\right| \quad (۱۶)$$

$$RE\%_{Tp} = 100\left|\frac{Tp_s - Tp_o}{Tp_o}\right| \quad (۱۷)$$

$$RE\%_{vf} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_{si}}{\sum_{i=1}^{n} Q_{oi}} - 1 \quad (۱۸)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_{oi} - Q_{si})^2}{n}} \quad (۱۹)$$

که در آنها، Qsi، Tps دبی و زمان تا اوج هیدروگراف شبیه‌سازی شده و Qoi، Tpo، دبی و زمان تا اوج هیدروگراف مشاهداتی هستند. $\overline{Q_o}$ میانگین دبی‌های مشاهداتی و n تعداد مشاهدات هستند. بهره‌مند (۲) و صادقی و دهقانی (۱۹)، در معیار نش- ساتکلیف، مقدار یک نشان‌دهنده‌ی تطابق کامل هیدروگراف شبیه‌سازی شده و مشاهداتی است و هرچه میزان خطای نسبی در دبی پیک و زمان تا اوج و خطای برآورد برآورد حجم جریان و مجموع مربعات باقیمانده‌ها، کمتر باشد، کارایی مدل بالاتر خواهد بود.

نتایج و بحث

مدل بهینه‌ساز، پس از صحت سنجی با استفاده از توابع یک، دو و سه متغیره، با مدل شبیه‌ساز تلفیق و مدل شبیه‌ساز- بهینه‌ساز برای دوره‌های بارندگی مشاهده شده از ایستگاه‌های هواشناسی، اجرا و مقادیر n و k، حاصل از واسنجی با یکدیگر و با روش تجربی ناش، مقایسه شدند. در این پژوهش از آمار بارندگی نه دوره در حوزه کسیلیان استفاده شده است که در ده تکرار از الگوریتم ژنتیک، نتایج حاصل از واسنجی مدل به دست آمد که در جدول ۲، ارائه شده است:

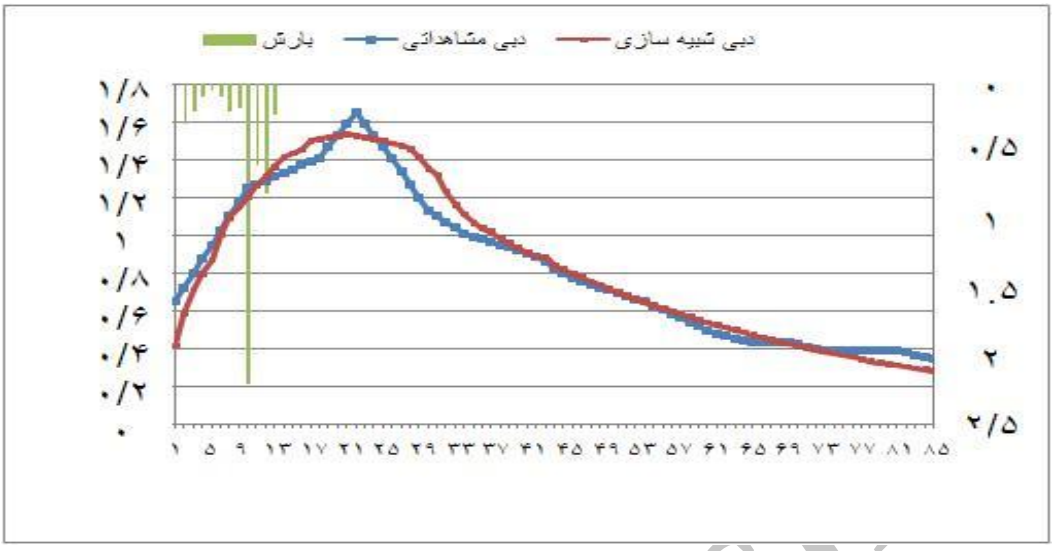
جدول ۲- نتایج واسنجی مدل

ردیف واقعه	k	n	مقدار تابع هدف
۱	۱/۷۲۱	۱۴	۱/۰۵۶
۲	۱/۷۵۵	۱۳	۰/۳۸۰
۳	۱/۶۹۷	۱۴	۱/۴۸۷
۴	۱/۷۸۴	۱۲	۰/۶۰۱
۵	۱/۷۷۴	۱۲	۰/۹۵۴
۶	۱/۸۰۴	۱۱	۰/۶۵۵
۷	۱/۷۳۳	۱۴	۱/۲۳۳
۸	۱/۶۹۶	۱۴	۱/۱۵۱
۹	۱/۷۴۴	۱۳	۰/۷۷۰

میانگین مقادیر n و k، به ترتیب برابر با ۱۳ و ۱/۷۴۵ محاسبه شد و این مقادیر میانگین برای اجرا و اعتبارسنجی مدل در رویداد دهم، در نظر گرفته شده است. هیدروگراف مشاهداتی و شبیه‌سازی شده مدل مخزن خطی ناش در مرحله‌ی اعتبارسنجی در شکل ۴، ارائه شده است. نتایج ارزیابی کارایی مدل ناش در برآورد ویژگی‌های هیدروگراف جریان با معیارهای آماری در جدول ۳، ارائه شده است. مقایسه‌ی ظاهری هیدروگراف‌ها و میانگین معیارهای ارزیابی در رویداد مورد نظر نشان می‌دهد که مدل شبیه‌ساز- بهینه‌ساز مخزن خطی ناش مؤلفه‌های هیدروگراف جریان را به صورت مناسب و با دقت قابل قبول شبیه‌سازی می‌نماید.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۴- هیدروگراف شبیه‌سازی و مشاهداتی در مرحله اعتبارسنجی

جدول ۳- معیارهای آماری مدل ناش در مرحله اعتبارسنجی

ردیف واقعه	معیار ناش- ساتکلیف	خطای نسبی دبی اوج (٪)	خطای نسبی زمان تا اوج (٪)	مجموع مربعات باقی‌مانده‌ها	خطای برآورد حجم جریان (٪)
۱۰	۰/۹۶	۷/۷	۹/۵	۱/۱	۱۹/۵

روش مخزن خطی ناش به‌عنوان یک روش ایجاد آمار رواناب سطحی، از بارش‌های گوناگون در آبخیزهای بدون ایستگاه هیدرومتری، همواره مورد توجه پژوهش‌گران بوده است. در روش به‌کار رفته در این پژوهش، فقط با داشتن آمار بارش که توسط ایستگاه‌های حوزه‌ی کسیلیان ثبت شده‌اند، می‌توان هیدروگراف جریان سطحی ناشی از رگبار را محاسبه کرد. بر اساس پژوهش‌های صادقی و دهقانی و دونگ، دقت نتایج مدل‌سازی هیدرولوژیک و جلوگیری از بروز خطا، به میزان زیادی به دقت برآورد پارامترهای ورودی بستگی دارد. با توجه به این‌که با افزایش مقدار n یا تعداد مخازن، میزان ضریب ذخیره k کاهش می‌یابد، می‌توان از مجموعه‌هایی از پارامترهای n و k استفاده نمود. در این پژوهش، استفاده از روش بهبنه‌سازی با الگوریتم ژنتیک و داده‌های بارش رواناب واقعی باعث بهبود محاسبه‌ی پارامترهای مدل ناش و نتایج شبیه‌سازی جریان شده است. همان‌گونه که در شکل ۴، مشاهده می‌شود، شیب شاخه‌ی صعودی و نزولی هیدروگراف محاسباتی با شبیه‌سازی مطابقت دارد، که نشان‌دهنده‌ی محاسبه‌ی مناسب مقادیر n و k، است. گفتنی است که در صورت وجود داده‌های دقیق کاربری اراضی، جزئیات بافت خاک و میزان نفوذ خاک می‌توان از روش‌های دیگری مانند روش شماره‌ی منحنی و یا منحنی تغییرات نفوذ برای محاسبه‌ی میزان دقیق بارش مازاد استفاده کرد. همچنین فاصله‌ی ایستگاه‌های باران‌سنجی از مرکز ثقل حوزه نیز می‌تواند یکی از دلایل ایجاد خطا در نتایج شبیه‌سازی مدل باشد. در این پژوهش دقت روش واسنجی اتوماتیک الگوریتم ژنتیک در تعیین ورودی‌های مدل ناش، به میزان ۱۳ مخزن، هر کدام با ضریب ذخیره‌ی ۱/۷۵ ساعت نیز مورد تأیید قرار گرفت که با نتایج لوپز و همکاران (۱۲) در خصوص عدم نیاز به تعداد بالای تعداد مخازن مطابقت دارد.

بر اساس نتایج شبیه‌سازی و مقایسه‌ی ظاهری در شکل ۴، می‌توان نتیجه گرفت مدل مخزن خطی ناش، دقت بالا در برآورد ویژگی‌های هیدروگراف جریان در حوزه‌ی آبخیز کسیلیان دارد و با این حال می‌توان با صرف کم‌ترین زمان، برآوردی مناسب از واکنش حوزه در مقابل بارش ورودی به دست آورد.

معیار ناش- ساتکلیف به میزان ۹۶ درصد، نشان‌دهنده‌ی درستی نتایج مدل، در مدل‌سازی جریان در این پژوهش است که با نتایج لهوم (۱۱) و بهره‌مند (۲)، در میزان و استفاده از شاخص ارزیابی نتایج مدل، هم‌سو می‌باشد. درصد خطای پایین مدل در برآورد دبی اوج و زمان تا اوج، نیز با تحقیقات مصطفی‌زاده و همکاران (۱۳)، در این خصوص مطابقت دارد. عرفانیان (۷)، بیان نمود که از مدل آبشاری ناش، در عین سادگی می‌توان به‌منظور برآورد دبی اوج رواناب خروجی و شکل هیدروگراف رواناب خروجی استفاده

Archive of SID

www.SID.ir

نمود که نتایج این پژوهش، این موضوع را تأیید می‌نماید. پیشنهاد می‌گردد استفاده از مدل هیدرولوژیکی ناش- ژنتیک، جهت بررسی دیگر حوزه‌های کشور مورد استفاده قرار گیرد تا با برآورد ضرایب منطقه‌ای، بتوان هیدروگراف خروجی حوزه‌های آبخیز فاقد آمار را شبیه‌سازی کرد.

منابع

1. Agirre, U., M. Goni, J.J. Lopez and F.N. Gimena. 2005. Application of a unit hydrograph based on sub watershed division and comparison with Nash's instantaneous unit hydrograph. Catena. 64: 321-332.
2. Bahremand, A. 2006. Simulating the effects of reforestation on floods using spatially distributed hydrologic modeling and GIS. Ph.D. Thesis, Vrije Universiteit Brussel, Belgium. 122 pp. (In Persian)
3. Boyd, M.J. 1978. A storage-routing model relating drainage basin hydrology and geomorphology. Water Resources Research, 14: 921-928.
4. Boyd, M.J., D.H. Pilgrim and I. Cordery.1979. A storage routing model based on catchment geomorphology. Journal of Hydrology, 42: 209-230.
5. Dong, S.H. 2007. Genetic Algorithm Based Parameter Estimation of Nash Model. Journal of Water Resources Management Doi 10.1007/s11269-007-9208-6.
6. Dooge, J.C.I. 1959. A general theory of the unit hydrograph theory. Journal of Geophysical Research., 64: 241-256.
7. Erfanian, M. 1998. Reviewing of geomorphologic and geomorphoclimatic unit hydrograph in Jazin catchment in Semnan, M.Sc. thesis in Gorgan University of agriculture science and natural resource. 123 pp. (In Persian)
8. Howesa, D.A. and A.D. Abrahams. 2003. Modeling runoff and runon in a desert shrubland ecosystem, Jornada Basin, New Mexico. Journal of Geomorphology. 53: 45-73.
9. http://fa.wikipedia.org/wiki/genetic algorithm۱۳۸۹
10. Jeng, R.I. and G.C. Coon. 2003. True form instantaneous unit hydrograph of linear reservoirs Journal Journal of Irrigation and Drainage Engineering - ASCE Library, 129: 11-17.
11. Lhomme, J., C. Bouvier and J.L. Perrin. 2004. Applying a GIS-based geomorphol- ogical routing model in urban catchments. Journal of Hydrology. 299: 203-216.
12. Lopez, J.J., F.N. Gimena, M. Goni and U. Agirre. 2005. Analysis of a unit hydrograph model based on watershed geomorphology represented as a cascade of reservoirs. Journal of Agricultural Water Management. 77: 128-143.
13. Mostafazadeh, R. and A. Bahrehmand. 2009. Simulation of flow hydrograph using Nash liner modeling in catchment of Ja'farabad in Golestan state. Journal of Iran watershed science and engineering. 3: 9-16. (In Persian)
14. Mirbagheri, A. 1998. Engineering hydrology. Shiraz University, 562 pp. (In Persian)
15. Norani, V., M.T. A'lami, H. Delafrooz and V. Sepehri. 2009. GIS representation of a geomorphological unit hydrograph based on cascade linear reservoirs, Iran-Water Resources Research, 4: 41-49. (In Persian)
16. Nourani, V. and A. Mano. 2007. Semi-distributed flood runoff model in sub continental scale for south western Iran. Hydrological Processes. 21: 3173-3180. (In Persian)
17. Nourani, V. and P. Monadjemi. 2006. Laboratory simulation of a geomorphologic runoff routing model using liquid analog circuits. Journal of Environmental Hydrology, 14: 1-9. (In Persian)
18. Nourani, V., P. Monadjemi and V.P. Singh. 2007. Liquid analog model for laboratory simulation of rainfall-runoff process. Journal of Hydrology Engineering, ASCE, 12: 246-255.
19. Sadeghi, S.H.R. and M. Dehghani. 2005. Efficiency of Clark instantaneous unit hydrograph in flood unit hydrograph regeneration. Journal of Iran Water Resources Management. 1: 97-99. (In Persian)
20. Sarangi, A., C.A. Madramootoo, P. Enright and S.O. Prasher. 2007. Evaluation of three unit hydrograph models to predict the surface runoff from a Canadian watershed. Journal of Water Resources Management. 21: 1127-1143.
21. Singh. P.K. P.K. Bhunya, S.K. Mishra and U.C. Chaube. 2007. An extended hybrid model for synthetic unit hydrograph derivation. Journal of Hydrology. 336: 347-360.
22. Singh, V.P. and D.A. Woolhiser. 2002. Mathematical modeling of watershed hydrology. Journal of Hydrology Engineering, ASCE, 7: 270-292.
23. Szymkiewicz, R. 2002. An alternative IUH form the hydrological lumped models. Journal of Hydrology. 259: 246-253.
24. Wang, G.T. and S. Chen. 1996. A linear spatially distributed model for a surface rainfall-runoff system. Journal of Hydrology. 185: 183-198.
25. Zahraee, B. and S.M. Hoseini. 2009. Genetic algorithm and engineering optimization. Publishing in Gotenberg. 260 pp. (In Persian)

Archive of SID

www.SID.ir

Determination of Nash Conceptual Model Parameter using Auto Calibration in Kasilian Watershed

Mostafa Aslani[1], Ramin Fazl Ola[2] and Mojtaba Ahmadizadeh[3]

1- M.Sc., Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
(Corresponding author: m.aslani7960@gmail.com)
2- Assistant Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
3- Ph.D. Student, University of Boalisina Hamedan
Received: November 18, 2012 Accepted: May 11, 2013

Abstract

The appropriate use of a conceptual rainfall-runoff model depends on how well its parameters are calibrated. Generally, rainfall-runoff models deal with numerous parameters that cannot be measured directly and should be estimated through optimization tools. The purpose of the optimization approach is to finalize the best set of parameters associated with a given calibration data set that optimize the evaluation criteria. In this paper, a continuous genetic algorithm calibration method has been used to estimate the NASH conceptual model parameters (n, k).The efficiency of the method was evaluated using the estimated parameters to simulate different rainfall - runoff events that happened in the Kasilian watershed in Mazandaran province during previous years. The calibration and validation results have shown that the suitability and efficiency of this model for auto calibrating of Nash conceptual rainfall-runoff model is more accurate and favorable.

Keywords: Auto calibration, Conceptual Rainfall-Runoff Model, Kasilian Watershed, Genetic Algorithm

Archive of SID

www.SID.ir