Archive of SID

فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال چهارم، شماره چهاردهم، تابستان ۱۳۸۹، صفحات ۲۳-۳۱

طرح بهینه هیدروگراف واحد با استفاده از الگوریتم‌های SA و ژنتیک و مقایسه نتایج آنها با یکدیگر (مطالعه موردی: حوضه آبریز کامه)

مهدی نوجوان[۱و*] و ابوالفضل اکبرپور[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت در سوانح طبیعی، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

۲- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند

تاریخ دریافت: ۸۷/۵/۵

تاریخ پذیرش: ۸۹/۵/٤

چکیده

از مهم‌ترین قدم‌هایی که در تجزیه و تحلیل هیدرولوژی و تهیه هیدروگراف‌های طرح برداشته شده است، مفهوم هیدروگراف واحد است. از هیدروگراف واحد برای تعیین سیلاب در رگبارهای با تداوم و شدت‌های مختلف استفاده می‌شود. هدف از این تحقیق ارائه یک مدل بهینه تهیه هیدروگراف واحد با استفاده از الگوریتم SA، الگوریتم ژنتیک و مقایسه نتایج آن‌ها با یکدیگر می‌باشد. برای این منظور، از توابع توزیع احتمال لوگ نرمال، گاما و معکوس گاوس استفاده شده است. در این مدل، تابع هدف، حداقل کردن مجموع مربعات اختلاف بین هیدروگراف‌های رواناب سطحی مشاهده شده و پیش‌بینی شده در واحد سطح حوضه آبریز می‌باشد. هیدروگراف رواناب پیش‌بینی شده، با استفاده از مدل پیشنهادی با کمک توابع توزیع احتمال فوق تخمین زده می‌شود. با استفاده از الگوریتم‌های SA، ژنتیک و توابع توزیع احتمال، قیود در مدل بهینه‌سازی حذف شده و تعداد مجهولات با تعداد پارامترهای تابع توزیع برابر می‌شود. با توجه به این موارد، مدل پیشنهادی مدل ساده‌ای می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که توزیع‌های لوگ نرمال و معکوس گاوس در محاسبه دبی اوج رواناب عملکرد مناسبی دارند و همچنین مقایسه نتایج بدست آمده از الگوریتم SA و الگوریتم ژنتیک نشان می‌دهد که الگوریتم SA در محاسبه جواب بهینه، عملکرد بهتری داشته و سریع‌تر به جواب بهینه می‌رسد. بنابراین می‌توان از این روش برای تخمین سریع و تقریبی هیدروگراف واحد استفاده و هیدروگراف رواناب را شبیه‌سازی نمود.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، الگوریتم SA، بارش - رواناب، بهینه‌سازی، هیدروگراف واحد

مقدمه

تحلیل هیدروگراف، بخش عمده‌ای از عملیات هیدرولوژی سیل را به خود اختصاص می‌دهد. به طور خلاصه می‌توان گفت، هیدروگراف نموداری است که در آن رفتار حوضه در مقابل بارندگی تصویر می‌شود، لذا می‌توان از آن برای مجسم کردن وضعیت سیل‌هایی که در آینده اتفاق خواهد افتاد، استفاده نمود. یکی از هدف‌های عمده در هیدرولوژی مهندسی به کمیت درآوردن هیدروگراف است.

محققین مختلف روش‌های متفاوتی را با استفاده از روابط پیچیده برای بدست آوردن هیدروگراف واحد ارائه کرده‌اند که می‌توان به روش‌های تخمین پی در پی (Barens, 1959; Benderand Roberson,1961) روش حداقل مربعات (Singh,1976; Bruen and Dooge, 1984)، روش‌های بهینه‌سازی مانند برنامه‌ریزی خطی (Deinger,1969; Mays and Coles, 1980;

* نویسنده مرتبط nojavan_mehdi@yahoo.com

1. Simulated Annealing

www.SID.ir

Archive of SID

Morel-Seytoux, 1982; Singh, 1988; Prasad and et al., 1999) و برنامه‌ریزی غیرخطی (Mays and Taur, 1982) اشاره نمود. مهم‌ترین اشکال این روش‌ها برابر بودن تعداد مجهولات با تعداد مؤلفه‌های هیدروگراف واحد می‌باشد. بنابراین ممکن است در پایه‌های زمانی بزرگ‌تر به علت مجهولات زیاد در تخمین هیدروگراف واحد از داده‌های بارش- رواناب دچار مشکل شوند (نوجوان، ۱۳۸٦). با توجه به اشکالات این روش‌ها، روشی دیگر برای محاسبه هیدروگراف واحد ارائه شد که در این روش برای حل مسئله از الگوریتم ژنتیک استفاده شده بود (Rajib, 2004). این روش مشکلات روش‌های قبل را حل کرده و در عین حال ساده‌تر نیز بود، اما این روش نیز دارای مشکلاتی می‌باشد.

در این تحقیق یک مدل بهینه تهیه هیدروگراف واحد با استفاده از الگوریتم SA و الگوریتم ژنتیک ارائه می‌گردد. مدل بهینه هیدروگراف واحد پیشنهادی با روش الگوریتم ژنتیک در این مقاله به نحوی ساده‌تر و کاملاً متفاوت با مدل‌های پیشین مطرح شده است که اصطلاحاً به آن Simple Genetic گویند.

در روش‌های پیشین، از کد باینری (دودویی) برای حل مسئله استفاده شده است که در نتیجه مراحل الگوریتم زیادتر و اجرای آن سخت‌تر می‌گردد (Rajib, 2004). در این تحقیق از مقادیر واقعی داده‌ها استفاده شده است که باعث سادگی اجرای الگوریتم و همچنین کم شدن مراحل الگوریتم ژنتیک می‌شود. در این تحقیق علاوه بر الگوریتم ژنتیک، الگوریتم SA نیز مورد استفاده قرار گرفته است، که برای اولین بار در زمینه آب‌های سطحی مطرح گردیده و قابلیت آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این منظور از توابع توزیع لوگ نرمال، گاما و معکوس گاوس استفاده شده است. در این مدل، تابع هدف، حداقل کردن مجموع مربعات اختلاف بین هیدروگراف‌های رواناب سطحی مشاهده شده و پیش‌بینی شده در واحد سطح حوضه آبریز می‌باشد که هیدروگراف رواناب سطحی پیش‌بینی شده با استفاده از مدل پیشنهادی و با کمک توابع توزیع احتمالی که ذکر شده، تخمین زده می‌شود. هیدروگراف واحد بر اساس دو اصل رسم می‌شود که عبارتند از ارتفاع واحد بارش اضافی و مثبت بودن مؤلفه‌های هیدروگراف واحد که با کاربرد توابع توزیع احتمال این قیود ارضا می‌شوند. بنابراین، روش ارائه شده هیچ قیدی ندارد و مسئله بهینه‌سازی نا مقید با استفاده از الگوریتم SA و الگوریتم ژنتیک حل می‌شود. مزیت این روش، برابر بودن تعداد مجهولاتی که باید به وسیله بهینه‌سازی حل شوند با تعداد پارامترهای توزیع احتمال می‌باشد. همچنین این روش به تعداد مؤلفه های هیدروگراف رواناب سطحی بستگی ندارد.

الگوریتم ژنتیک

طبیعت همواره بزرگ‌ترین و بهترین معلم انسان‌ها بوده است. آدمی با الهام از طبیعت دست به ساخت وسایل و ارائه روش‌هایی زده است که اکثراً در بین موارد مشابه خود بهترین بوده‌اند. الگوریتم ژنتیک یا وراثتی نیز یکی از این روش‌ها می‌باشد. الگوریتم ژنتیک یک روش بهینه‌سازی عددی است که بر پایه اصول داروین بوده و در آن از وراثتی طبیعی الهام گرفته شده است. این روش با توجه به توانایی های بالا، در بسیاری از شاخه‌ها و گرایش های کاربردی مورد استفاده قرار گرفت. در حال حاضر این روش قادر به حل طیف وسیعی از مسائل، از قبیل طراحی بهینه قاب‌ها و طراحی بهینه سازه‌های هیدرولیکی می‌باشد (Holland, 1975).

نظر و پیشنهاد استفاده از یک مجموعه طرح اولیه، جهت حل مسائل عملی و کاربردی مهندسی، بارها در طول دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹٦۰ میلادی مورد توجه قرار گرفت تا اینکه اصول الگوریتم ژنتیک در دانشگاه میشیگان آمریکا ارائه شد و کتابی تحت عنوان «سازش در سیستم‌های طبیعی و مصنوعی» منتشر شد که در حال حاضر می‌توان آن را مرجع اصلی در مبحث الگوریتم ژنتیک دانست (Holland, 1975). پس از آن مقاله‌ها و بحث‌های فراوانی در مود اعتبار و کارایی این الگوریتم در حل مسائل بهینه‌سازی ارائه شد، که تمامی آن‌ها مبین توانایی این روش در حل مسائل گوناگون بهینه‌سازی می‌باشد.

الگوریتم‌های ژنتیک، عملیات جستجو را از چندین نقطه در فضای پاسخ آغاز می‌کنند، هر کدام از این نقاط یک طرح اولیه و به بیان دیگر یک کروموزوم می‌باشند. با توجه به این موضوع، الگوریتم ژنتیک ابتدا تعدادی از این کروموزوم‌ها را ایجاد می‌نماید که به آن جمعیت اولیه گفته می‌شود. تولید جمعیت اولیه می‌تواند به صورت کاملاً تصادفی و یا با اعمال نظر کاربر صورت پذیرد. پس از ایجاد جمعیت اولیه الگوریتم ژنتیک، به بررسی این کروموزوم‌ها (که در حقیقت طرح‌های اولیه می‌باشند) پرداخته و متناسب با برازندگی آن‌ها مقادیری را به هر یک نسبت می‌دهند. به طوری که هر چه طرح با شرایط مورد نیاز ما، سازگارتر باشد، برازنده‌تر بوده و بنابراین مقدار عددی بیشتری را به خود اختصاص خواهد داد.

پس از اتمام بررسی برازندگی تمام افراد جامعه، الگوریتم ژنتیک، افراد بهتر را برای ایجاد نسل آینده انتخاب کرده و افراد ضعیف را حذف می‌کند. سپس افراد انتخاب شده جهت ایجاد نسل بعدی تحت عمل عملگرهای تصادفی مانند انتخاب، پیوند و جهش قرار می‌گیرند. پس از اعمال این عملگرها، نسل جدیدی ایجاد می شود که معمولاً برازندگی بیشتری نسبت به نسل قبلی خود دارد. نسل جدید جانشین نسل پیشین شده و این چرخه تا برآورده شدن معیارهای توقف الگوریتم ادامه خواهد یافت و در نتیجه برازنده‌ترین فرد نسل همگرا شده، جواب مسئله خواهد بود.

الگوریتم SA

ایده الگوریتم SA اولین بار در مقاله ای تحت عنوان الگوریتم Metropolis منتشر شد (Metropolis et al., 1953). الگوریتم Metropolis، یک ماده را به سیستم ذرات شبیه‌سازی می‌کرد. این الگوریتم فرایند سرد کردن را از طریق کاهش تدریجی دمای سیستم تا رسیدن به یک حالت ثابت (حالت انجماد) شبیه‌سازی می‌کرد.

پس از مطرح شدن این روش، ایده الگوریتم Metropolis در

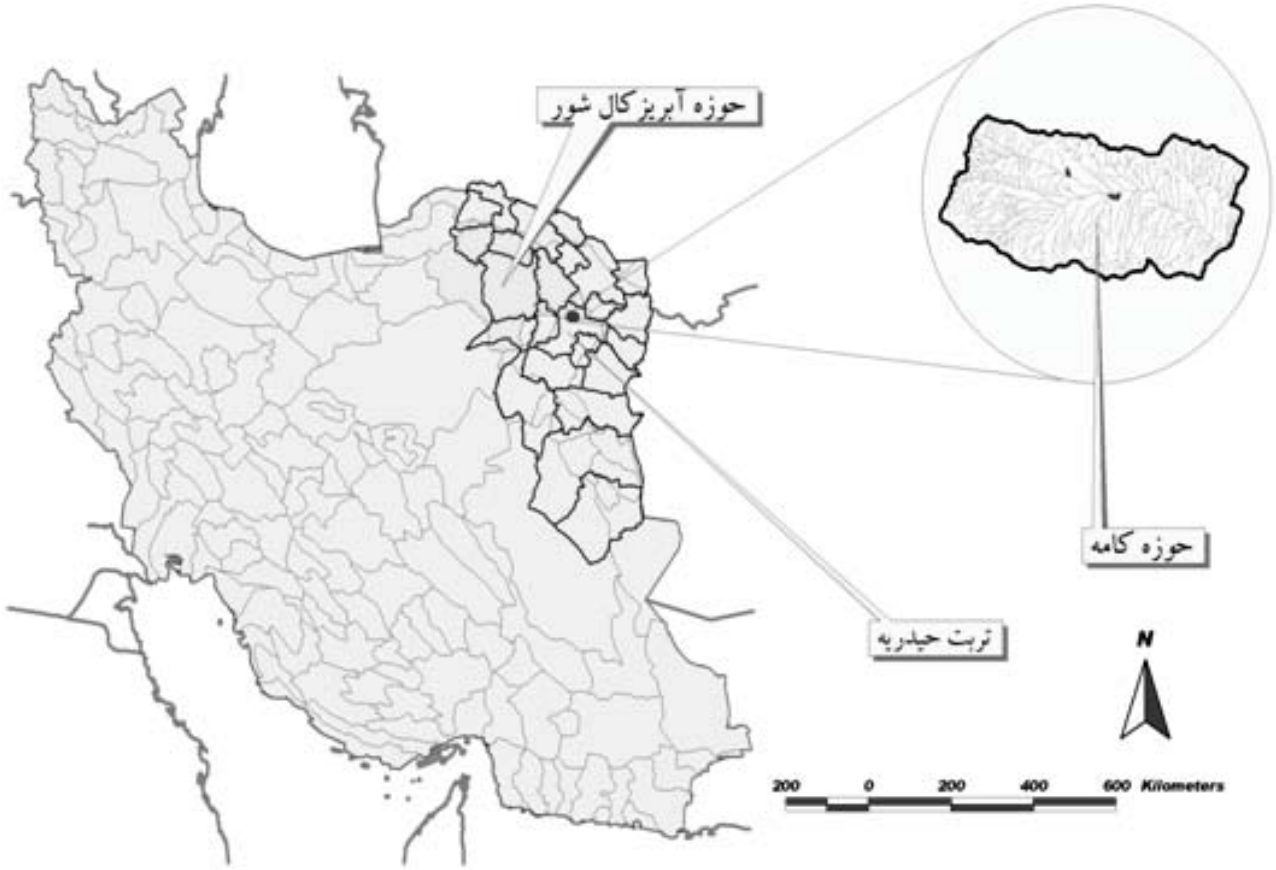
www.SID.ir

Archive of SID

مسائل بهینه‌سازی ترکیبی زیادی به کار گرفته شد (Kirkpatrick et al., 1983). الگوریتم SA که الگوریتمی ساده و در عین حال قدرتمند می‌باشد یکی از روش‌های متا الگوریتم احتمالی است که برای حل مسائل بهینه‌سازی (کمینه‌سازی) با فضای جستجوی بزرگ به کار می‌رود. ایده روش SA از عمل سرد کردن تدریجی فلزات نشات گرفته است. در الگوریتم SA هر نقطه مانند s از فضای جستجو، بیانگر حالتی از سیستم فیزیکی می‌باشد. تابع E(s) نیز هزینه سیستم در حالت s را برمی‌گرداند. مسئله با یک حالت اولیه شروع شده و با گذر از حالتی به حالت دیگر (حالت‌های همسایه) به تدریج هزینه سیستم مینیمم می‌شود (نوجوان، ۱۳۸٦). از مهم‌ترین ویژگی‌های الگوریتم SA، قرار نگرفتن در بهینه‌های محلی می‌باشد. همچنین میزان کاهش دما در روش SA بسیار مهم است. برای کاهش دما، دمای فعلی در ضریب α ضرب می‌شود، توجه شود که مقدار α بین ۰ و ۱ می باشد ($0< \alpha <1$). در الگوریتم SA دما به تدریج و بسیار آهسته کم می‌شود، پس مقدار α باید به ۱ نزدیک باشد. کاهش سریع دما سبب توقف برنامه در مینیمم محلی می‌شود (Wakayama and Petrasek, 2005).

روش مطالعه

این تحقیق با استفاده از داده‌های حوضه آبریز کامه انجام گردید. حوضه آبریز کامه یکی از سرشاخه‌های رودخانه کال سالار می‌باشد و در شمال شهرستان تربت حیدریه واقع شده است. این حوضه از نمونه حوضه‌های آبریز کوهستانی منطقه میانی خراسان به شمار می‌رود. رودخانه کال سالار زهکش اصلی این حوضه بوده و در امتداد شمال غرب به جنوب شرق جریان دارد و جریانات سطحی را از حوضه خارج می‌نماید. این حوضه در طول جغرافیایی "۳۲ '۰۵ °۵۹ تا "٤٥ '۱۳ °۵۹ و عرض جغرافیایی "۳٦ '۲۷ °۳۵ تا "٤۷ '۳۰ °۳۵ قرار گرفته است (شکل ۱). ارتفاع متوسط حوضه ۱۹۵۲/۵ متر از سطح دریا و مساحت حوضه ۵۲/۰۵ کیلومتر مربع است. این تحقیق با استفاده از داده های دو حادثه بارش – رواناب در تاریخ های ۱۳۷۷/۳/۱۱ و ۱۳۷۷/۱۲/۱۰ انجام شده است که در جدول ۱ ارائه گردیده است. برای مدل‌سازی این دو حادثه، از چهار مدل بهینه‌سازی استفاده شده است که در ادامه توضیح داده خواهد شد.



شکل ۱- موقعیت حوضه آبریز کامه در ایران

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱- مشخصات دو حادثه بارش- رواناب حوضه کامه رگبار دوم- ۱۳۷۷/۱۲/۱۰

رگبار دوم - ۱۳۷۷/۱۲/۱۰		
دبی $\left(\frac{mm}{hr}\right)$	مقدار بارش (mm)	زمان (hr)
۰/۰		۰/۰
۰/۰	۲/۰	۰/۵
۰/۰	۱/۰	۱/۰
۰/۱۲۹	۲/۰	۱/۵
۰/۲۲۲	۱/٤	۲/۰
۰/۳۱۵	۱/٦	۲/۵
۰/٤۰۸۱	۱/٦	۳/۰
۰/۵۰٤۲	٤/۰	۳/۵
۰/٦۱۹۷	۲/۰	٤/۰
۰/۷۳٤۵	۲/۸	٤/۵
۰/۸۵۰۷	۲/٤	۵/۰
۰/۸۷۲۸	۰/٤	۵/۵
۰/۸۰۲۳		٦/۰
۰/٦۹۰۹		٦/۵
۰/۵۰۹۰		۷/۰
۰/٤۰۵۹		۷/۵
۰/۲۸۷۰		۸/۰
۰/۱۹۸۵		۸/۵
۰/۱۳۸۳		۹/۰
۰/۱۱۲۰		۹/۵
۰/۰٦۹۲		۱۰/۰
۰/۰۳٤٦		۱۰/۵
۰/۰		۱۱/۰

رگبار اول - ۱۳۷۷/۳/۱۱		
دبی $\left(\frac{mm}{hr}\right)$	مقدار بارش (mm)	زمان (hr)
۰/۰		۰/۰
۰/۰	۰/٤	۰/۵
۰/۰	۰/۰	۱/۰
۰/۰	٤/۸	۱/۵
۰/۰۰۳٤٦	۰/٤	۲/۰
۰/۰۷۸	۰/٤	۲/۵
۰/۱۲۷۹		۳/۰
۰/۱۵۱٤۷		۳/۵
۰/۱۰۳۷۵		٤/۰
۰/۰۸۱٦		٤/۵
۰/۰٦٦۳۹		۵/۰
۰/۰۲۷٦٦		۵/۵
۰/۰		٦/۰

مدل اول (بدون استفاده از تابع توزیع یا Simple)

در این مدل، تابع هدف مینیمم کردن مجموع مربعات اختلاف بین هیدوگراف های رواناب سطحی مشاهده شده و پیش بینی شده در واحد سطح حوضه آبریز می باشد. در این مدل قیود عبارتند از: واحد بودن سطح زیر منحنی هیدروگراف واحد و مثبت بودن مؤلفه‌های هیدروگراف واحد. این مدل را می‌توان به شکل روابط ۱ تا ٤، نشان داد (Rajib, 2004):

$$\text{Minimize} \sum_{n=1}^{N} e_n^2 \qquad (۱)$$

to Subject

$$(1.0 - \Delta t \sum_{r=1}^{N-M+1} U_r) = 0.0 \qquad (۲)$$

$$U_r \geq 0 \text{ where } r = 1,2,3,...,N-M+1 \qquad (۳)$$

where

$$e_n = \sum_{m=1}^{n \leq M} P_m U_{n-m+1} - Q'_n \qquad (٤)$$

در این روابط، e_n تفاضل بین مؤلفه n ام هیدروگراف رواناب سطحی مشاهده شده و پیش‌بینی شده، Q'_n مؤلفه n ام هیدروگراف رواناب سطحی مشاهده شده، P_m مولفه m ام بارش اضافی، U_{n-m+1} مؤلفه (n-m+1)ام هیدروگراف واحد و N-M+1 تعداد مؤلفه های هیدروگراف واحد می باشد.

شروع الگوریتم ژنتیک، با معادله (تساوی) قیدها (۲) امری دشوار است. بنابراین معادله قیود، به وسیله اعمال یک خطای

www.SID.ir

Archive of SID

مجاز (ε) به یک نامعادله تبدیل می شود (رابطه ۵).

$$\varepsilon - \left(1.0 - \Delta t \sum_{r=1}^{N-M+1} U_r\right) \geq 0 \qquad (۵)$$

در این مدل تعداد مجهولاتی که باید تعیین شوند برابر با تعداد مؤلفه‌های هیدروگراف واحد (N-m+1) می‌باشد. بنابراین از طریق وارد نمودن یک پارامتر جریمه، مسئله بهینه‌سازی مقید به یک مسئله نا مقید تبدیل می‌شود. در ادامه مسئله بهینه‌سازی نا مقید با استفاده از الگوریتم ژنتیک و الگوریتم SA حل می‌گردد.

تهیه هیدروگراف واحد با استفاده از توابع توزیع احتمال

مهم‌ترین اشکال مدل اول این است که تعداد مجهولات برابر با تعداد مؤلفه‌های هیدروگراف واحد (N-m+1) می‌باشد. در این تحقیق، یک مدل اصلاح شده برای تبدیل هیدروگراف واحد به توابع توزیع احتمال، ارائه شده است. در این حالت، تعداد مجهولات برابر با تعداد پارامترهای توزیع احتمال می‌باشد. در این مدل، توزیع‌های لوگ نرمال، گاما و معکوس گاوس استفاده شده‌اند.

مدل دوم (تابع توزیع گاما)

مدل بهینه‌سازی هیدروگراف واحد، با استفاده از تابع توزیع گاما، به صورت رابطه ۸-٦ می‌باشد (Rajib, 2004).

$$\text{Minimize} \sum_{n=1}^{N} e_n^2 \qquad (٦)$$

where

$$e_n = \sum_{m=1}^{n\leq M} P_m U_{n-m+1} - Q'_n \qquad (۷)$$

$$U_{n-m+1} = f(x), \qquad (۸)$$

where $x = (n-m+1)\times\Delta t$

در روابط فوق، $f(x)$ تابع توزیع احتمال گاما می‌باشد و از رابطه ۹ بدست می‌آید.

$$f(x) = \left[\lambda / \Gamma(\eta)\right](\lambda x)^{\eta-1}\exp^{(\lambda x)}\ ,\ x \geq 0 \qquad (۹)$$

و $\lambda, \eta > ۰$ پارامترهای توزیع، λ پارامتر مقیاس، η پارامتر شکل و $\Gamma(\eta)$ تابع گاما می‌باشد که از رابطه ۱۰ بدست می‌آید.

$$\Gamma(\eta) = \int_0^{\infty} x^{\eta-1}e^{-x}dx \qquad (۱۰)$$

در رابطه ۹ اگر η عدد صحیح باشد، $\Gamma(\eta)$ از رابطه ۱۱ بدست می‌آید ولی اگر η عدد صحیح نباشد، تابع گاما باید با استفاده از انتگرال‌گیری عددی حل شود. در این تحقیق برای محاسبه مقدار تابع گاما، از انتگرال گیری عددی سیمپسون استفاده شده است.

$$\Gamma(\eta) = (\eta-1)! \qquad (۱۱)$$

مدل سوم (تابع توزیع لوگ نرمال)

مدل بهینه‌سازی هیدوگراف واحد با استفاده از تابع توزیع لوگ نرمال، به صورت رابطه ۱٤-۱۲ می‌باشد (Rajib, 2004):

$$\text{Minimize} \sum_{n=1}^{N} e_n^2 \qquad (۱۲)$$

where

$$e_n = \sum_{m=1}^{n\leq M} P_m U_{n-m+1} - Q'_n \qquad (۱۳)$$

$$U_{n-m+1} = f(x), \qquad (۱٤)$$

where $x = (n-m+1)\times\Delta t$

در روابط فوق $f(x)$ تابع توزیع احتمال لوگ نرمال می‌باشد و از رابطه ۱۵ بدست می‌آید.

$$f(x) = \left(1/\ x\sigma_n\sqrt{2\pi}\right)\exp^{\left[-(\ln x-\mu_n)^2/\ 2\sigma_n{}^2\right]} \qquad (۱۵)$$

در رابطه ۱۵ μ_n و σ_n پارامترهای توزیع می‌باشند و به عنوان پارامترهای مقیاس و شکل در نظر گرفته می‌شوند.

مدل چهارم (تابع توزیع معکوس گاوس)

مدل بهینه‌سازی هیدروگراف واحد با استفاده از تابع توزیع معکوس گاوس به صورت رابطه ۱۸-۱٦ می‌باشد (Olivera and Maidment, 1999).

$$\text{Minimize} \sum_{n=1}^{N} e_n^2 \qquad (۱٦)$$

where

$$e_n = \sum_{m=1}^{n\leq M} P_m U_{n-m+1} - Q'_n \qquad (۱۷)$$

$$U_{n-m+1} = f(t) \qquad (۱۸)$$

در روابط فوق $f(t)$ تابع توزیع احتمال معکوس گاوس می‌باشد و از رابطه ۱۹ بدست می‌آید.

$$f(t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi D t^3}}\exp\left[-\frac{(ct-1)^2}{4Dt}\right] \qquad (۱۹)$$

در رابطه ۱۹ C و D پارامترهای توزیع می‌باشند که C سرعت موج، D ضریب پخشیدگی و l طول آبراهه می‌باشد و برای رودخانه مورد نظر ما برابر با ۱۲/۹۵ km می‌باشد.

بحث و نتایج

مدل اول (simple)، مؤلفه‌های هیدروگراف واحد را با کمینه

www.SID.ir

Archive of SID

کردن تفاضل بین هیدروگراف رواناب سطحی مشاهده شده و پیش‌بینی شده، بهینه می‌کند. تعداد متغیرهایی که باید از طرق بهینه‌سازی محاسبه شوند برابر با تعداد مؤلفه‌های هیدروگراف واحد (N-m+1) می‌باشند، که برای رگبار اول ۵ و برای رگبار دوم برابر با ۱۰ می‌باشد. بنابراین ممکن است در پایه‌های زمانی بزرگ‌تر، به علت تعداد مجهولات زیاد در تخمین هیدروگراف واحد از داده‌های بارش- رواناب دچار مشکل شود. با توجه به اشکال این مدل در این تحقیق سه مدل اصلاح شده برای تبدیل هیدروگراف واحد به توابع توزیع احتمال، ارائه شده است.

مدل‌های دوم، سوم و چهارم نیز پارامترهای توزیع احتمال را با کمینه کردن تفاضل بین هیدروگراف رواناب سطحی مشاهده شده و پیش‌بینی شده، بهینه می‌نمایند. مجهولات مدل‌های دوم، سوم و چهارم برابر با تعداد پارامترهای توزیع احتمال می‌باشد، یعنی فقط دو مجهول داریم. پارامترهای توزیع احتمال عبارتند از: η و λ برای توزیع گاما، σ_n^2 و μ برای توزیع لوگ نرمال و c و D برای توزیع معکوس گاوس. همچنین با به کار بردن تابع توزیع احتمال، واحد بودن سطح زیر منحنی هیدروگراف واحد و مثبت بودن مؤلفه‌ها تامین می‌شود. بنابراین، این مدل هیچ قیدی ندارد. با به کار بردن این مدل‌ها، مسئله بهینه‌سازی نسبت به مدل اول بسیار کوچک‌تر و آسان‌تر می‌گردد، طوری که در هر یک از این مدل‌ها، فقط دو متغیر(پارامترهای توزیع احتمال) بهینه می‌شود. جدول ۲ و ۳ نتایج بدست آمده از این مدل ها را برای هر دو رگبار نشان می‌دهند. برای بهینه‌سازی این پارامترها از الگوریتم ژنتیک و الگوریتم SA استفاده شده است.

هیدروگراف واحد بدست آمده از مدل های مختلف در شکل ۲، ۳، ٤ و۵ نشان داده شده است.

همچنین هیدروگراف رواناب سطحی بدست آمده از مدل های مختلف در شکل ٦ تا ۱۰ نشان داده شده است.

نتایج بدست آمده نشان‌دهنده آن است که توزیع‌های لوگ نرمال و معکوس گاوس، در محاسبه دبی پیک، عملکرد مناسبی دارند. همچنین مقادیر بهینه پارامترهای توابع توزیع احتمال و به تبع آن مقادیر تابع هدف (مقدار کمینه) محاسبه شده به وسیله الگوریتم SA، نسبت به الگوریتم ژنتیک، بهتر و دقیق‌تر می‌باشد.

نتیجه گیری

در این تحقیق یک مدل بهینه هیدروگراف واحد با استفاده از الگوریتم SA و الگوریتم ژنتیک ارائه گردید که برای این منظور از توابع توزیع لوگ نرمال، گاما و معکوس گاوس استفاده شد. مدل با توجه به توابع توزیع های لوگ نرمال و معکوس گاوس، در محاسبه دبی اوج عملکرد خوبی داشت به طوری که دبی اوج محاسبه شده تقریباً نزدیک به دبی اوج رواناب مشاهده شده می باشد. مهم ترین مزیت های این مدل عبارتند از: عدم وجود قید در مدل بهینه سازی و برابر بودن تعداد مجهولات با تعداد پارامترهای تابع توزیع، که با توجه به این موارد مدل به کار رفته، مدل ساده ای می باشد. بنابراین می توان مدل را برای تخمین سریع و تقریبی هیدروگراف واحد به کار برد. از طرفی کارایی الگوریتم SA به کار گرفته شده بسیار بالا می باشد طوری که با توجه به نتایج بدست آمده در اشکال و جداول، این الگوریتم نسبت به الگوریتم ژنتیک دارای مراحل کم و ساده تری بوده و سرعت بیشتری در حل مسئله بهینه سازی دارد و نتایج بهتری را با توجه به تابع هدف ارائه می نماید.

جدول۲- پارامترهای توزیع احتمال، با استفاده ازالگوریتم SA

(الف)- مدل دوم (توزیع گاما)

η	λ	تاریخ بارندگی
۱/۰۰۱۰۸٤	۰/۰۰۹٦۳۷	۱۳۷۷/۳/۱۱
۱/۰۰٦۳۲۱	۰/۰۲٤۷۵۰	۱۳۷۷/۱۲/۱۰

(ب)- مدل سوم (توزیع لوگ نرمال)

σ_n^2	σ_n	μ_n	تاریخ بارندگی
۱۰/۸٦۳۱۵٤	۳/۲۹۵۹۳۰	٦/۱٤۱٤۷٤	۱۳۷۷/۳/۱۱
۹/٤۲۱۹۷۷	۳/۰٦۹۵۲٤	۳/٦٦٤۹۸٦	۱۳۷۷/۱۲/۱۰

(ج)- مدل چهارم (توزیع معکوس گاوس)

C	D	تاریخ بارندگی
۱۷/۸۵۷۰۷۷	۱/۲۵۳۵۰۰	۱۳۷۷/۳/۱۱
۷/٤٤۸۷۵۸	۰/۱۵۵٤۹۱	۱۳۷۷/۱۲/۱۰

جدول۳- پارامترهای توزیع احتمال، با استفاده ازالگوریتم ژنتیک

(الف)- مدل دوم (توزیع گاما)

η	λ	تاریخ بارندگی
۱/۰۰٦۲۹۹	۰/۰۱۳۲۳۲	۱۳۷۷/۳/۱۱
۱/۰۰۱۸۱٤	۰/۰۲۵۳۲۵	۱۳۷۷/۱۲/۱۰

(ب)- مدل سوم (توزیع لوگ نرمال)

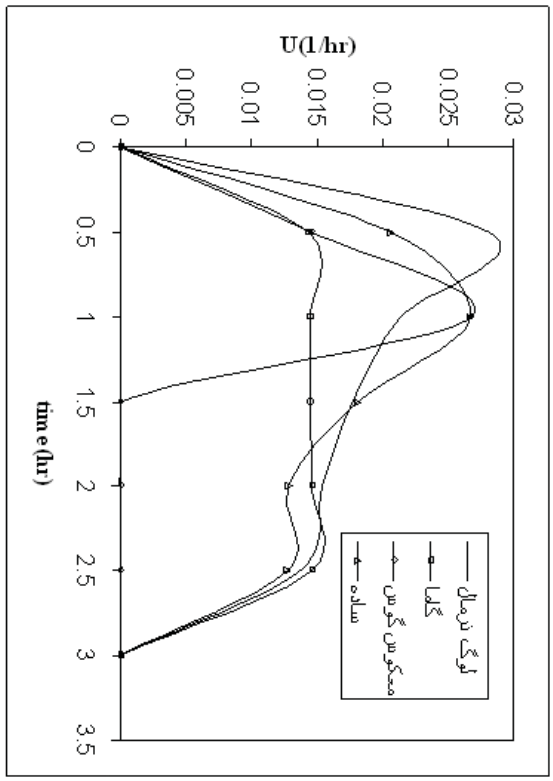
σ_n^2	σ_n	μ_n	تاریخ بارندگی
۱۰/۳۳٤۲۲۵	۳/۲۱٤٦۸۹	٦/۰۳۵۱٤۰	۱۳۷۷/۳/۱۱
۹/٤۸۰۲٤۱	۳/۰۷۹۰۰۰	۳/٦٦۹۰۰۰	۱۳۷۷/۱۲/۱۰

(ج)- مدل چهارم(توزیع معکوس گاوس)

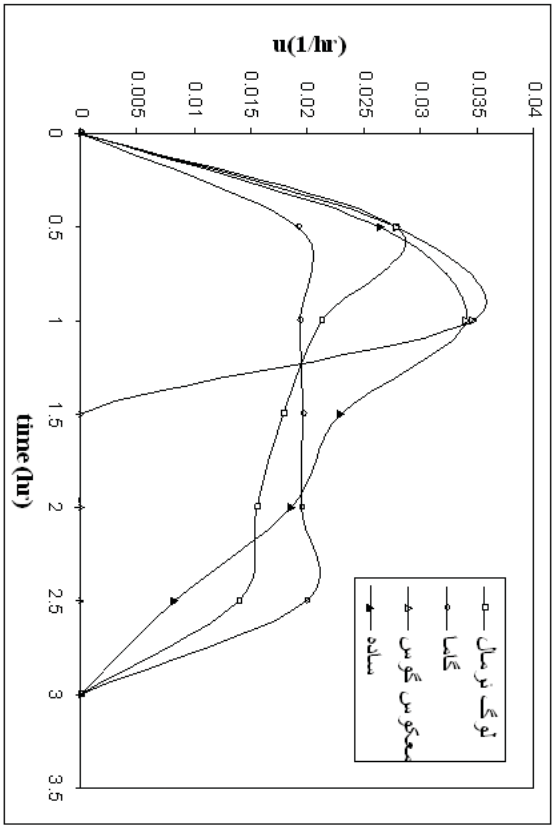
C	D	تاریخ بارندگی
۱۷/۹۳۲۳۹٤	۱/۳۷۹۸۵۵	۱۳۷۷/۳/۱۱
۷/٤٤۲۱۹۲	۰/۱۵۵٤۹۱	۱۳۷۷/۱۲/۱۰

www.SID.ir

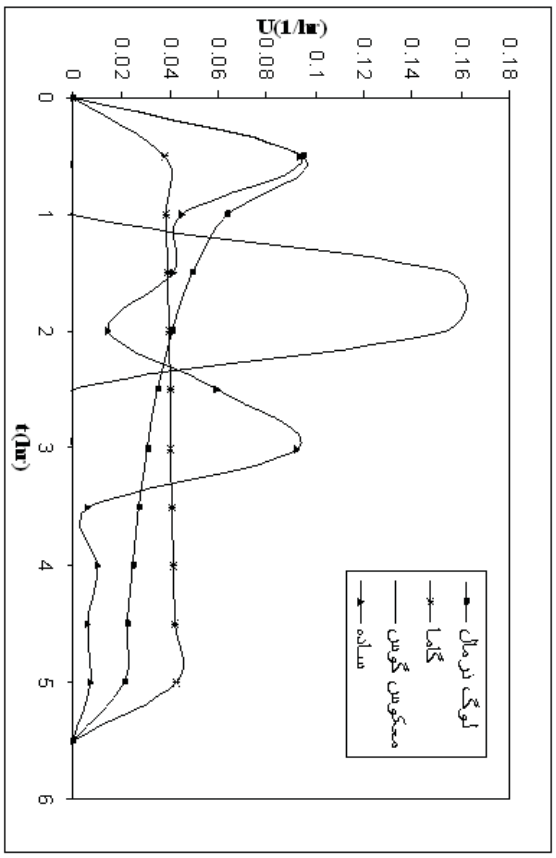
Archive of SID



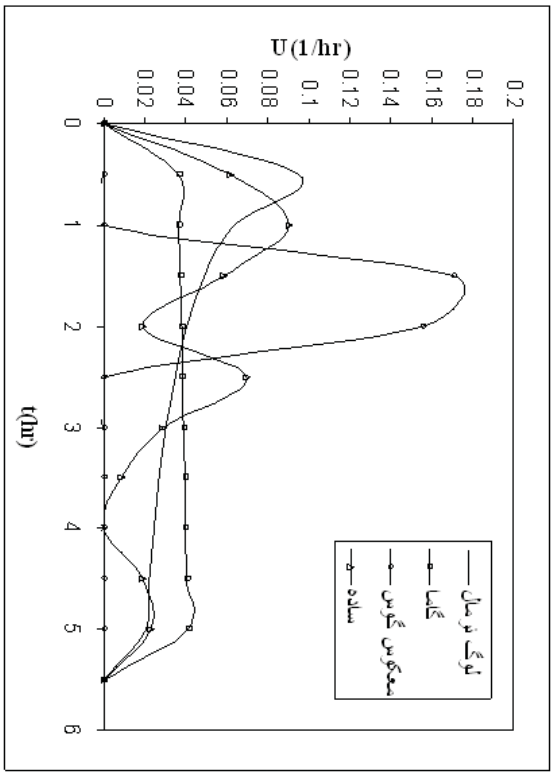
شکل ۳- هیدروگراف واحد با استفاده از الگوریتم ژنتیک (رگبار اول ۱۳۷۷/۳/۱۱)



شکل ۲- هیدروگراف واحد با استفاده از الگوریتم SA (رگبار اول ۱۳۷۷/۳/۱۱)



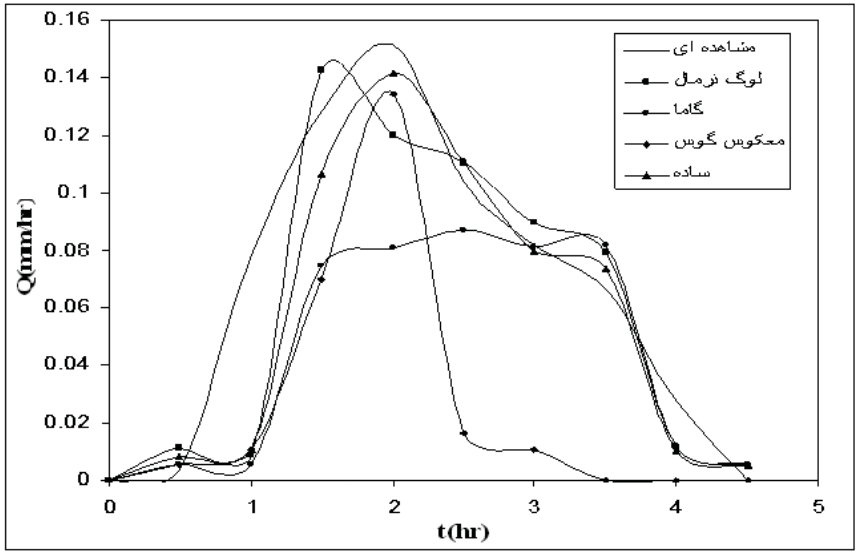
شکل ۵- هیدروگراف واحد با استفاده از الگوریتم ژنتیک (رگبار دوم ۱۳۷۷/۱۲/۱۰)



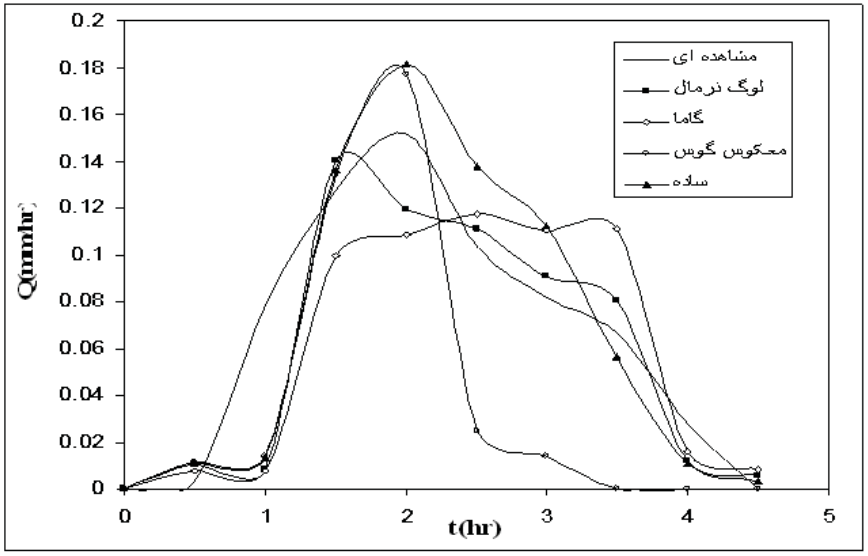
شکل ٤- هیدروگراف واحد با استفاده از الگوریتم SA (رگبار دوم ۱۳۷۷/۱۲/۱۰)

www.SID.ir

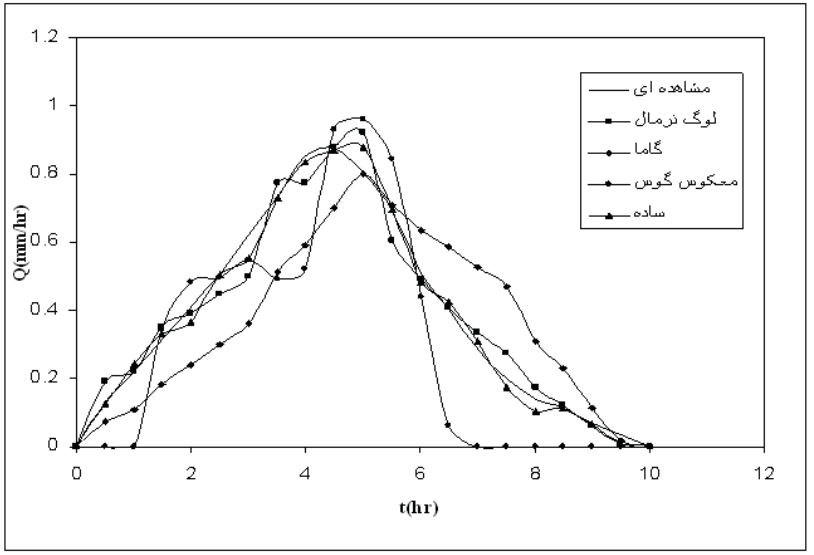
Archive of SID



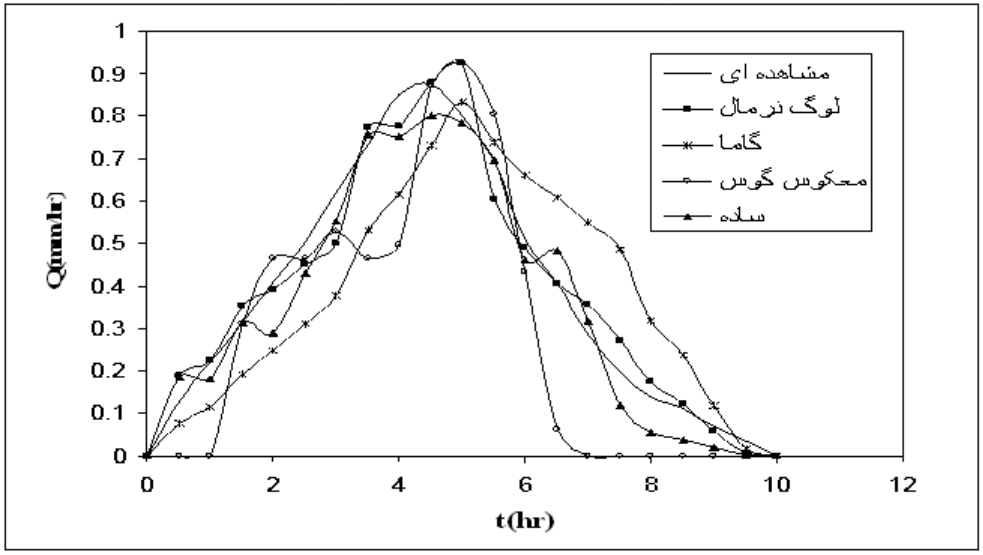
شکل٦- هیدروگراف رواناب سطحی حوضه کامه برای حادثه ۱۳۷۷/۳/۱۱ با استفاده از الگوریتم SA



شکل۷- هیدروگراف رواناب سطحی حوضه کامه برای حادثه ۱۳۷۷/۳/۱۱ با استفاده از الگوریتم ژنتیک



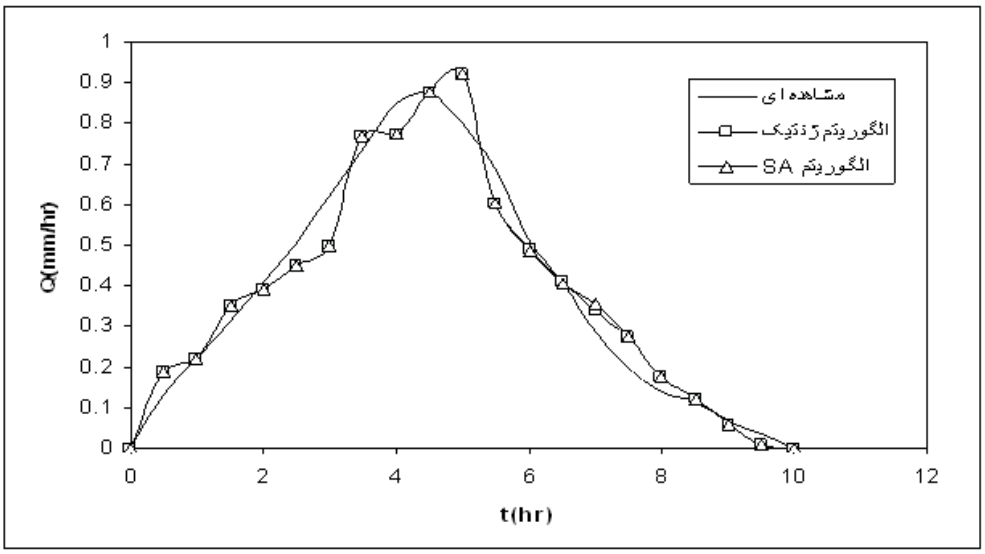
شکل۸- هیدروگراف رواناب سطحی حوضه کامه برای حادثه ۱۳۷۷/۱۲/۱۰ با استفاده از الگوریتم SA



شکل۹- هیدروگراف رواناب سطحی حوضه کامه برای حادثه ۱۳۷۷/۱۲/۱۰ با استفاده از الگوریتم ژنتیک

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۰- مقایسه هیدروگراف رواناب مشاهده ای با محاسباتی حوضه کامه، بر اساس تابع توزیع لوگ نرمال برای حادثه ۱۳۷۷/۱۲/۱۰ با استفاده از الگوریتم ژنتیک والگوریتم SA

منابع

- نوجوان، م.، ۱۳۸٦. طراحی بهینه هیدروگراف واحد با استفاده از الگوریتم SA و مقایسه آن با الگوریتم ژنتیک. پایان‌نامه کارشناسی، دانشکده عمران، دانشگاه بیرجند، بیرجند.

- Bender, D.L. and Roberson, J.A, 1961. The use of dimensionless unit hydrograph to derive unit hydrographs for some Pacific basins. Journal of Geography Research, 66, 521-527.

- Bruen, M. and Dooge, J.C., 1984. An efficient and robust method for estimating unit hydrograph ordinate. Journal of Hydrology, 70, 1-24.

- Deinger, R.A., 1969. Linear program for hydrologic analysis. Journal of Water Resources Research, 5, 1105-1109.

- Haupt, R.L. and Haupt, S.E., 2004. Practical Genetic Algorithms, John Wiley and Sons.

-Holland, J., 1975. Adaptation in Natural and Artificial Systems, The University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan.

- Jain, S.K., Singh, V.P. and Bhunya, P.K., 2006. Development of Optimal and Physically Realizable Unit Hydrograph. Journal of Hydrological Engineering, 11, 612-616.

- Kirkpatrick, S., Gelatt, C.D. and Vecchi, M.P., 1983. Optimization by Simulated Annealing. Journal of Science, 4598, 671-680.

-Mays, L.W. and Coles, L., 1980. Optimization of unit hydrograph determination. Journal of Hydraulic Engineering, 106, 85-97.

- Mays, L.W. and Taur, C.K., 1982. Unit hydrograph via nonlinear programming. Journal of Water Resources Research, 18, 744-752.

- Metropolis, N., Rosenbluth, A.W., Rosenbluth, M.N., Teller, A.H. and Teller, E., 1953. Equation of State Calculation by Fast Computing Machines. Journal of Physics and Chemistry of the Earth, 21, 1087-1091.

- Morel-Seytoux, H.J., 1982. Optimization methods of rainfall-runoff modeling, Rainfall-runoff relationships. Journal of Water Resources, 487-506.

- Olivera, F. and Maidment, D., 1999. Geographic information systems (GIS)-based spatially distributed model for runoff routing. Journal of Water Resources Research, 4, 1155-1164.

- Prasad, T.D., Gupta, R. and Prakash, S., 1999. Determination of optimal loss rate Parameters and unit hydrograph. Journal of Hydrology, 4, 83-87.

- Rajib, K.B., 2004. Optimal Design of Unit Hydrographs using probability distribution and genetic algorithms. Journal of Indian Academy of Sciences, 29, 499-508.

- Singh, V.P., 1976. Unit hydrographs, A comparative study. Journal of Water Resources Research, 12, 381-392.

- Singh, V.P., 1988. Hydrologic Systems, Prentice Hall, Englewood Cliffs.

- Wakayama, C. and Petrasek, S., 2005. Simulated Annealing Algorithms. Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics, 510-516.

www.SID.ir