نشریه

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

سال هفتم- شماره ۲۰- بهار ۱۳۹۲

Vol. 7, No. 20, Spring 2013

گزارش فنی

شبیه‌سازی آبنمود واحد با استفاده از یک توزیع گامای خاص در حوضه آبخیز لیقوان

ایوب احمدین[۱]، احمد فاخری فرد[۲] و محمدعلی قربانی[۳]

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۳۰

چکیده

اغلب روش‌های استخراج آبنمود واحد مصنوعی بر پایه‌ی دستورالعمل و روابط فردی، برای یک آبنمود از طریق داده‌های آماری کم، استوارند. از اینرو همواره این مشکل که آبنمود واحد بدست آمده برای حجم رواناب واحد اصلاح نشود، وجود دارد. برای از بین بردن این مشکل، یک توزیع گامای دو عاملی ساده شده، برای استخراج یک آبنمود واحد مصنوعی، بکار گرفته شده است که در مقایسه با دیگر روش‌های موجود راحتتر و دقیقتر می‌باشد. این مدل تغییر یافته با ارایه یک تقریب دقیق، روابط تجربی را برای برآورد β (فاکتور شکل آبنمود واحد بی بعد) از عامل n (تعداد مخازن) مدل ناش توسعه می‌دهد. در توسعه این روابط غیر خطی از الگوریتم مارگارت استفاده شده است. در این پژوهش، این مدل ساده شده در حوضه آبریز لیقوان بکار گرفته شده و نتایج بدست آمده با نتایج روش SCS از طریق معیار خطای استاندارد STDER مقایسه شده است. در کل، روش حاضر، علاوه بر سادگی، آبنمودهای مشاهداتی را با دقت بیشتری، نسبت به روش SCS، شبیه‌سازی کرده است.

واژه‌های کلیدی: ***آبنمود واحد، توزیع گاما، عتامل، حوضه آبریز لیتوان و SCS***

۱- نویسنده مسئول و فوق لیسانس آبیاری و زهکشی از دانشگاه تبریز
۲- دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
۳- استادیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

مقدمه

مفهوم آبنمود واحد اولین بار در سال ۱۹۳۲ توسط شرمن [۷] ارائه گردید. بطور معمول آبنمودهای واحد برای مدل کردن رواناب- بارش و برآورد سیلاب طرح بکار گرفته می‌شوند. روش‌های زیادی مانند تقریب متوالی، حداقل مربع، مدل‌های مفهومی و بهینه‌سازی برای استخراج آبنمودهای واحد بکار برده شده است. ناش [۵] آبنمود واحد لحظه‌ای[۴] را بوسیله‌ی تصور حوضه بصورت مخازن خطی آبشاری یکسان استخراج کرد. دوج [۳] مدل ناش را بوسیله نشان دادن یک حوضه با یک شبکه مخازن خطی و کانال‌های خطی توسعه داد. اس. کا. سینگ [۸] نشان داد که یک توزیع گامای دو عاملی می‌تواند به عنوان یک مدل برای استخراج آبنمود واحد مصنوعی[۵] باشد. برای استخراج SUH، توزیع گامای دو عاملی بطور معمول در شکل‌های مختلف وابسته به شرایط مرزی مانند دبی اوج و زمان اوج بکار برده شده است. SUH در تعیین دبی اوج و حجم رواناب بویژه از حوضه‌های بدون داده بکار برده می‌شود [٦]. بیشتر روشهای موجود، SUH را با دستورالعمل و روابط فردی خاص تعیین می‌کنند. بهمین خاطر این مشکل که آبنمود واحد ایجاد شده برای حجم رواناب واحد اصلاح نشود، وجود دارد [۲]. در پژوهش حاضر، توزیع گامای دو عاملی برای (۱) از بین بردن مسأله نظرات شخصی در مورد مؤلفه‌های آبنمود و اصلاح حجم رواناب واحد و (۲) استخراج کردن SUH با یک اصلاح منطقی، تجدید نظر و ساده سازی شده است و برای ارزیابی آن این مدل ساده شده در حوضه لیقوان برای استخراج SUH بکار گرفته شده و نتایج آن با نتایج روش [۹] SCS مقایسه شده است.

مواد و روش‌ها

توزیع گامای دو عاملی دارای شکل عمومی لازم برای IUH است. برای بدست آوردن IUH، با فرض اینکه عمل حوضه در برابر یک بارش لحظه‌ای معادل جریان از تعدادی مخازن خطی باشد [۵]، حوضه به صورت یک سری از n مخزن در نظر گرفته می‌شود که هر یک از مخازن دارای ذخیره S=KQ هستند، S ذخیره مخزن در هر زمان t ، و Q میزان دبی خروجی از مخزن در همان زمان، و K یک ضریب ثابت (با واحد زمان) است که ضریب مخزن یا زمان تأخیر مخزن نامیده می‌شود. با استفاده از مدل ناش و با بکار بردن

4 - Instantaneous Unit Hydrograph
5- Synthetic Unit Hydrograph

q_p و t_p می‌توان یک آبنمود واحد استخراج کرد [۲]:

$$k = \frac{t_p}{(n-1)} \quad \text{یا} \quad t_p = k(n-1) \qquad (۱)$$

$$q_p t_p = \frac{(n-1)^{(n-1)} e^{-(n-1)}}{\Gamma(n-1)} = \beta \qquad (۲)$$

مقدار n را، با فرض اینکه n یک تابع غیرخطی از β است، می‌توان بر اساس الگوریتم مارگارت[٤] بر حسب فاکتور بی بعد β، از معادلات زیر به دست آورد:

$$n = 5.53\beta^{1.75} + 1.04 \qquad 0.01 \prec \beta \prec 0.35 \qquad (۳)$$

$$n = 6.29\beta^{1.998} + 1.157 \qquad \beta \geq 0.35 \qquad (٤)$$

معادله‌های آبنمود واحد بی بعد در محدوده‌های مشخص، با یک عامل مجهول که این عامل را می‌توان از معادله‌های بالا بدست آورد، در زیر آورده شده است[۲]:

$$\frac{q}{q_p} = \exp\left[\left(5.53\beta^{1.75} + 0.04\right) f\left(\frac{t}{t_p}\right)\right]$$

$$0.01 < \beta < 0.35 \qquad (۵)$$

۰۱/۳۵

$$\frac{q}{q_p} = \exp\left[\left(6.29\beta^{1.998} + 0.157\right) f\left(\frac{t}{t_p}\right)\right]$$

β>۰/۳۵

$$f\left(\frac{t}{t_p}\right) = \left[1 - \left(\frac{t}{t_p}\right) + \ln\left(\frac{t}{t_p}\right)\right] \qquad \text{نکته:} \qquad (٦)$$

برای کاربرد مدل حاضر، بر اساس بررسی‌های انجام یافته در مورد آمار و اطلاعات آبنمودهای ثبت شده در حوضه لیقوان، پنج رویداد بارش-رواناب در تاریخ‌های متفاوت انتخاب شدند. آبنمودهای بارش‌های جریان ساز با کسر شاخص φ از آبنمودهای بارش و ابعاد آبنمود مشاهده‌ای با کسر دبی پایه از ابعاد آبنمود سیلاب، مشخص شده‌اند. ابعاد آبنمود واحد مشاهداتی با توجه به معادله ماتریسی $[Q]=[U][P_e]$ برای هر یک از رویدادها استخراج شده [۱] و q_p (بر حسب (mm/h/mm)) و t_p (برحسب (h)) هر رویداد، برآورد می‌گردد. سپس عامل‌های n و k، با توجه به q_p و t_p هررویداد، از طریق روابط ارایه شده، برآورد می‌شوند و شکل کلی UH بر اساس معادله‌های آبنمودهای بی بعد استخراج می‌شود و درنهایت نتایج حاصل با نتایج بدست آمده از روش SCS بر اساس معیار خطای استاندارد (STDER) مقایسه شده‌اند. STDER برای مقایسه اجرای دو یا چند روش به کار می‌رود و پائین بودن آن نشان دهنده‌ی سازگاری خوب، بین محاسبه‌ها و مشاهده‌ها، است و اغلب بصورت درصد نشان داده می‌شود.

نتایج و بحث

با توجه به اینکه برای برآورد عامل‌های مدل حاضر به q_p و t_p هر رویداد نیاز است، این مقادیر پس از محاسبه در جدول زیر آورده شده‌اند:

جدول ۱- مقادیر t_p و q_p مشاهداتی وایع انتخابی

رویدادهای مشاهداتی	$q_p(h^{-1})$	$t_p(h)$
۱۳۸۰/۲/٦	۰/۲٦۳	۲
۱۳۸۱/۲/۳۱	۰/۱۳٦	٤
۱۳۸۱/٤/۱۸	۰/۲۳۷	۲
۱۳۸۲/۲/۲۵	۰/۱۳۲	٤
۱۳۸۲/۸/۷	۰/۰۸۱	۷

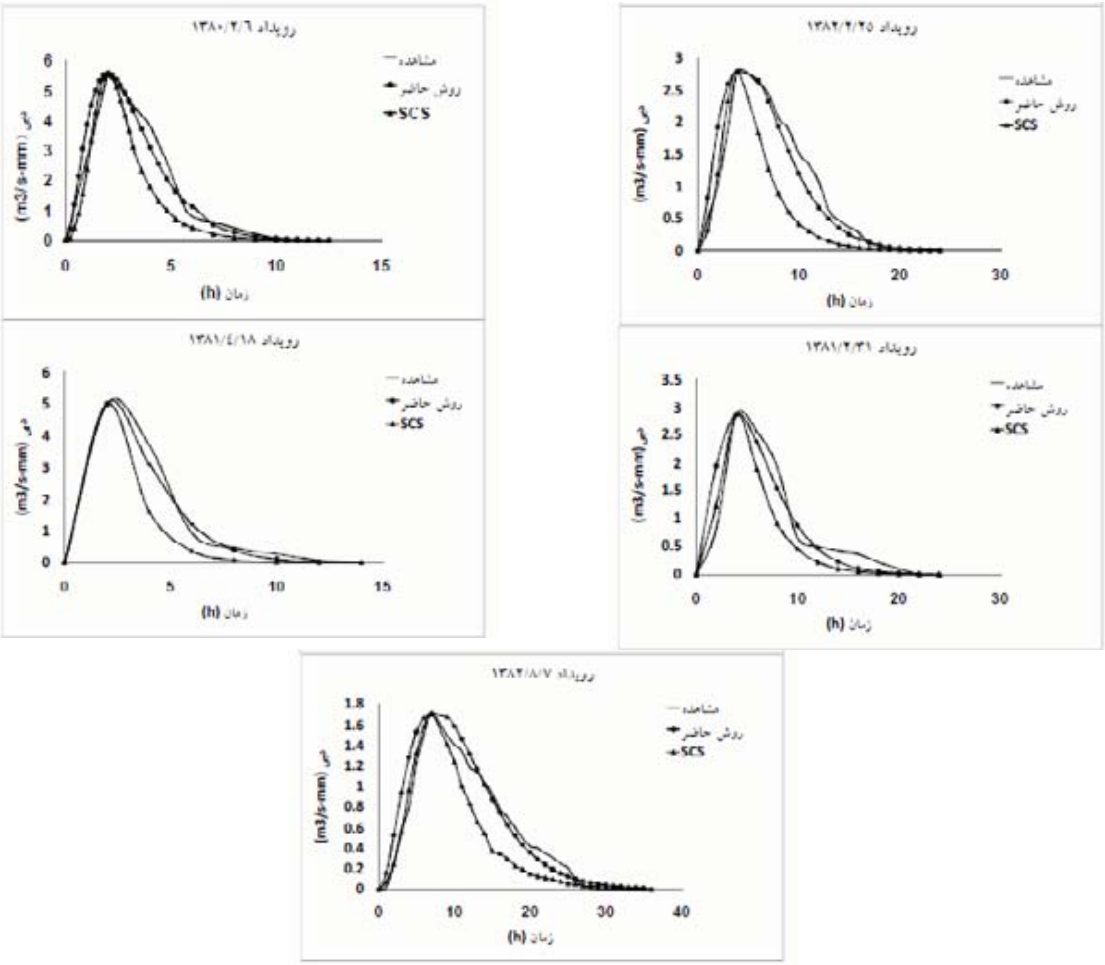
با توجه به داده‌های بالا، پارامترهای n و k و β برای هر رویداد از روابط ارایه شده محاسبه و در جدول ۲ ارایه گردیده‌اند:

جدول ۲- عامل‌های β ، n و k

رویدادهای مشاهداتی	عامل‌ها		
	n	β	k(h)
۱۳۸۰/۲/٦	۲/۸۹۹۵	۱/۰۵۲۹	۱/۰۵۲۹
۱۳۸۱/۲/۳۱	۳/۰۲۰۷	۱/۹۷۹۵	۱/۹۷۹۵
۱۳۸۱/٤/۱۸	۲/۵۷۲۳	۱/۲۷۲۰	۱/۲۷۲۰
۱۳۸۲/۲/۲۵	۲/۹۱۲۸	۲/۰۹۱۲	۲/۰۹۱۲
۱۳۸۲/۸/۷	۳/۱۸۱۵	۳/۲۰۸۹	۳/۲۰۸۹

بر اساس مقادیر بدست آمده از جدول ۲، برای هر یک از رویدادها، شکل کلی UH از معادله‌های بی بعد(٦ و ۵)، که از توزیع گامای دو عاملی بدست آمده‌اند، استخراج می‌شود. همچنین برای بررسی میزان دقت روش حاضر در مقایسه با دیگر روش‌های بی بعد استخراج آبنمود، آبنمودهای بدست آمده با آبنمودهای SCS مقایسه شده است(شکل٤). جهت ارزیابی کمی خطاهای محاسباتی و نیز دقت مدل‌ها از معیار خطای استاندارد (STDER) برای مقایسه این دو روش (روش حاضر و روش SCS) استفاده می‌شود(جدول ۳).

با توجه به شکل ٤ می‌بینیم که روش حاضر هم شاخه صعودی و هم شاخه نزولی را با دقت تاحدودی قابل قبولی شبیه سازی می‌کند. هر دو روش(روش حاضر و روش SCS) شاخه صعودی را به خوبی شبیه‌سازی می کنند ولی در شبیه‌سازی شاخه نزولی، روش حاضر نسبت به روش SCS از دقت بیشتری برخوردار است. این نتیجه در جدول ۳ نیز مشهود است.



شکل ٤- مقایسه آبنمودهای واحد توزیع گامای دو عاملی ساده شده (روش حاضر) با روش SCS و مشاهدات

جدول ۳ - مقایسه آبنمودهای روش حاضر و روش SCS با مشاهدات با استفاده از معیار خطای استاندارد (STDER)

رویداد انتخابی	روش حاضر	روش SCS
	STDER(%)	STDER(%)
۱۳۸۰/۲/٦	۲٥/٦۷	۸۹/۳
۱۳۸۱/۲/۳۱	۲٦/۱۸	٤۹/۱۳
۱۳۸۱/٤/۱۸	۲۲/۲٤	۹٥/۲
۱۳۸۲/۲/۲٥	۳۲/٤۱	٦۰/٦٤
۱۳۸۲/۸/۷	۱٥/۹	۳٤/٤٤
میانگین	۲٤/٤۸	٦٥/۷٤

نتیجه‌گیری

در روش حاضر، عامل n مدل ناش از طریق رابطه‌ای که با عامل β دارد، بدست می‌آید که این کار باعث سهولت و حذف روش سعی و خطا می‌شود. همچنین معلوم می‌شود که β نه تنها با خصوصیات فیزیکی حوضه بلکه با ویژگی‌های ذخیره‌ای آن نیز تغییر می‌کند که این در حقیقت وابسته به ویژگی‌های رویداد(طوفان) است. با استفاده از داده‌های موجود حوضه لیقوان، روش حاضر برای استخراج آبنمود واحد بکار گرفته شده و نتایج آن با نتایج روش SCS مقایسه شد، که در کل، این روش مشاهدات را با دقت قابل قبولی شبیه‌سازی کرده و از دقت بیشتری در مقایسه با روش SCS برخوردار است. که این

نتایج، پژوهش‌های بیونایا و همکاران [۲] را تأیید می‌کند. و درنهایت این نتیجه بدست می‌آید که روش حاضر، روش توزیع گامای دو عاملی موجود برای استخراج آبنمود واحد را، با استفاده از q_p و t_p معلوم، بهبود داده و کار را آسانتر می‌کند.

منابع

1- Afshar, A. (1364 AH.S). “Engineering Hydrology.” First Edition, Tehran University Publication Center.

2- Bhunya, P. K., Mishra, S. K., and Berndtsson, Ronny.(2003). “Simplified two-parameter gamma distribution for derivation of synthetic unit hydrograph.” J. Hydrologic Eng., 8(4), 226–230.

3- Dooge, J. C. I. (1973). Linear theory of hydrologic systems, Tech. Bull, No. 1468, Res. Service, U. S. Dept. of Agr., Washington D.C.

4- Marquardt, D. W. (1963). “An algorithm for least-square estimation of nonlinear parameters.” J. Soc. Ind. Appl. Math., 11 (2).

5- Nash, J. E. (1959). “Synthetic determination of unit hydrograph parameters.” J. Geophys. Res., 64(1), 111–115.

6- Niazi, F. (1386 AH.S). “Extraction and compare geomorphologic reservoir unit hydrograph and unit hydrograph based on Nash model(Case Study: Top Kmanj Watershed).”, Master's thesis, Department of Agriculture, University of Tabriz.

7- Sharad K. Jain; V. P. Singh, F.ASCE; and P. K. Bhunya (2006). “Development of Optimal and Physically Realizable Unit Hydrograph.” J. Hydrol. Eng., 11(6), 612–616.

8- Singh, S. K. (2000).“Transmuting synthetic hydrographs into gamma distribution.” J. Hydrologic Eng., 5(4), 380–385.

9- Soil Conservation Service (SCS). (1986). “Urban hydrology for small watersheds.” Tech. Release No. 55, U. S. Dept. of Agriculture, Washington, D. C.