

## بررسی اثر کاربری اراضی بر پارامترهای مدل مفهومی نش

احمد فاخری فرد<sup>۱</sup>، وحید نورانی<sup>۲</sup>، فائقه نیازی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۱۸

## چکیده

پیش بینی سیلاب‌ها نقش مهمی در برنامه‌ریزی‌های هیدرولوژیکی، طراحی ابعاد سازه‌های هیدرولیکی، مدیریت منابع آب و کنترل سیلاب دارد. هیدروگراف واحد لحظه‌ای نش یکی از مدل‌هایی است که در شبیه‌سازی رفتار هیدرولوژیکی حوضه‌های آبخیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. توسعه سریع حوضه‌های شهری، فرایند هیدرولوژی حوضه را تحت تاثیر قرار می‌دهد و باعث کاهش نفوذپذیری، جریان پایه سیلاب، زمان تاخیر و افزایش حجم سیلاب، پیک هیدروگراف، فراوانی سیل و رواناب سطحی می‌گردد. در این تحقیق اثر تغییر کاربری اراضی نظیر شهرسازی بر پارامترهای مدل نش مورد بررسی قرار گرفت. این پارامترها در دو زیر حوضه از یک حوضه با کاربری اراضی متفاوت در شهر سیرا ویستا در ایالت آریزونا، با استفاده از سه روش مرسوم ممان‌ها، ریشه میانگین مربع خطاها و تولید داده تصادفی محاسبه شدند. نتایج نشان داد در هر سه روش، پارامتر زمان تاخیر حوضه - که حاصل ضرب پارامترهای  $n$  و  $K$  مدل نش می‌باشد- در حوضه طبیعی بیشتر از حوضه شهری می‌باشد که نشان دهنده ذخیره بیشتر در حوضه طبیعی می‌باشد. مقادیر میانه محاسبه شده از سه روش استفاده شده در مرحله واسنجی، جهت صحت سنجی در بقیه رویدادها مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد هر سه روش دقت قابل قبولی در شبیه‌سازی هیدروگراف‌ها دارند. مقادیر حد بالا و پایین میانه پارامترهای تولید شده نیز جهت بررسی بیشتر پارامترها (یعنی ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد) مورد آزمون قرار گرفت. دامنه وسیعتری از پارامترها در حوضه شهری دارای بازده قابل قبول نسبت به حوضه طبیعی می‌باشند. این مسئله به دلیل عدم قطعیت کمتر در حوضه شهری می‌باشد که در آن نسبت رواناب به بارش بسیار بزرگ‌تر از حوضه طبیعی است.

واژه‌های کلیدی: تخمین پارامتر، ثابت ذخیره، حوضه شهری، کاربری اراضی، مدل نش.

<sup>۱</sup> استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران، ۰۹۱۴۳۱۳۵۴۹۶ (Email: fakheri@tabrizu.ac.ir)<sup>۲</sup> استاد گروه مهندسی عمران-آب، دانشکده عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران، ۰۹۱۴۴۰۳۰۳۳۲ (Email: nourani@tabrizu.ac.ir)<sup>۳</sup> کارشناسی ارشد منابع آب، دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز - تهران، شهرک نفت. ۰۹۱۱۳۹۲۸۶۱۸

(Email: fae\_niazi@yahoo.com) (نویسنده مسئول)

## مقدمه

سیل یکی از پدیده‌های طبیعی است که جوامع همیشه با آن روبه‌رو بوده‌اند. پیش‌بینی سیل در کنترل سیلاب‌ها و جلوگیری از حوادث و همچنین در عملکرد مخازن جهت ذخیره آب از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. توسعه سریع حوضه‌های شهری و افزایش ساخت و ساز و در نتیجه کاهش نقاط نفوذپذیر در سطح حوضه‌ها باعث توجه بیشتر محققان به هیدرولوژی شهری در سال‌های اخیر گردیده است. این تغییرات فرایند هیدرولوژی حوضه را تحت تاثیر قرار داده و باعث کاهش نفوذپذیری، جریان پایه سیلاب، زمان تاخیر و افزایش حجم سیلاب، پیک هیدروگراف، فراوانی سیل و رواناب سطحی می‌گردد (هولیس، ۱۹۷۵؛ آرنولد و گیبونز، ۱۹۹۶؛ اسمیت و همکاران، ۲۰۰۵؛ دوگهرتی و همکاران، ۲۰۰۶؛ اگدن و همکاران، ۲۰۱۱). مدل‌های هیدروگراف واحد که از تئوری سیستم خطی حاصل می‌گردند، جهت بررسی اثر شهرسازی بر فرآیند بارش-رواناب مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مدل مفهومی هیدروگراف واحد لحظه‌ای نش (IUH<sup>۱</sup>) بر مبنای مخازن خطی آبشاری<sup>۲</sup> یکی از مدل‌هایی است که به طور وسیعی جهت مدل‌سازی بارش-رواناب در حوضه‌ها به کار می‌رود. مدل نش با در نظر گرفتن یک حوضه به صورت آبشاری از مخازن خطی با ثابت ذخیره یکسان و یک واحد بارش لحظه‌ای در مخزن n ام، هیدروگراف واحد لحظه‌ای را به صورت یک تابع توزیع گاما در خروجی حوضه محاسبه می‌کند.

بهره‌مند و مصطفی‌زاده (۱۳۸۹) پارامترهای مدل نش را با استفاده از چندین روش تخمین زدند و روش ممان‌ها و سعی و خطا را به عنوان دقیق‌ترین روش‌ها معرفی نمودند.

کانگ و همکاران (۱۹۹۸) مشخصات رواناب شهری را با استفاده از مفهوم مخازن خطی مورد بررسی قرار دادند. چنگ و وانگ (۲۰۰۲) از سیستم

مخازن خطی به منظور تحلیل اثر شهرسازی بر رواناب خروجی از حوضه استفاده کردند که در آن مفهوم مخزن خطی را همراه با روش کریجینگ<sup>۳</sup> مورد استفاده قرار دادند و تغییرات پارامتر n در مدل نش را با تغییرات نقاط نفوذ ناپذیر در طول چند سال مورد بررسی قرار دادند. نورانی (۲۰۰۸) پارامترهای مدل نش را با استفاده از ۵ روش ممان‌ها، کمترین خطای مربعات، حداکثر درست نمایی، حداکثر انتروپی و الگوریتم ژنتیک در حوضه امامه مورد مطالعه قرار داد. در این مطالعه الگوریتم ژنتیک به عنوان بهترین روش جهت تخمین پارامترهای مدل نش معرفی گردید. چنگ و همکاران (۲۰۱۰) اثر دو عامل نقاط نفوذناپذیر و تراکم جمعیت را در پارامترهای مدل نش مورد بررسی قرار دادند و رابطه‌ای بین پارامترهای K و n مدل نش و دو عامل نفوذناپذیری و جمعیت ارائه نمودند. هانگ و همکاران (۲۰۱۲) مطالعه‌ای در حوضه رودخانه تامشویی<sup>۴</sup> جهت تعیین رابطه بین پارامترهای هیدروگراف و متغیرهای شهرسازی انجام دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که پارامتر شکل هیدروگراف وابستگی بیشتری به نفوذپذیری نسبت به جمعیت دارد و یک رابطه توانی جهت نشان دادن رابطه بین پارامترهای هیدروگراف و شهرسازی مناسب است و بنابراین متغیر نفوذناپذیری عامل مهمی در آنالیز تغییرات شهرسازی در حوضه محسوب می‌گردد. همان‌طور که واگنر (۲۰۰۷) بیان نموده است، اثرات هیدرولوژیکی تغییرات کاربری اراضی یک مقوله پیوسته و همیشگی می‌باشد و مطالعه و تحقیق در این زمینه امری ضروری محسوب می‌گردد.

مدل‌های بارش-رواناب عمدتاً میزان حجم سیلاب را در نتیجه افزایش سطوح نفوذناپذیر مورد مطالعه قرار می‌دهند (شاستر و همکاران، ۲۰۰۵؛ بوید و همکاران، ۱۹۹۳؛ USDA، ۱۹۸۶) اما مطالعات کمتری اثرات شهرسازی را بر پارامترهای مدل‌های مفهومی مورد بررسی قرار داده‌اند. در این مطالعه اثر

<sup>3</sup> - Kriging

<sup>4</sup> - Tamshui

<sup>1</sup> - Instantaneous Unit Hydrograph

<sup>2</sup> - Cascade Linear Reservoir

(کندی و همکاران، ۲۰۱۳). رواناب حاصل از هر دو زیر حوضه دارای زمان پایه کوتاه بوده و فقط در پاسخ به بارش اتفاق می‌افتد. حوضه شهری در فاصله سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵ ساخته شده است و ایستگاه‌های موجود در منطقه در سال‌های بین ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۸ فعال بوده‌اند. منطقه مورد مطالعه دارای ۶ ایستگاه باران سنجی و دو ایستگاه هیدرومتری (یک خروجی حوضه) می‌باشد. موقعیت ایستگاه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. داده‌های بارش توسط سازمان کشاورزی مرکز تحقیقات جنوب غرب آمریکا<sup>۱</sup> در فاصله‌های زمانی ۱۰ دقیقه در ایستگاه‌های باران سنجی ثبت جمع آوری شده است. میانگین داده‌های بارش ایستگاه‌های موجود به عنوان بارش ورودی در هر زیر حوضه در نظر گرفته شده است. داده‌های رواناب نیز در ایستگاه‌های سازمان زمین شناسی آمریکا<sup>۲</sup> ثبت شده‌اند. مشخصات زیر حوضه‌ها در جدول شماره (۱) ارائه شده است.

### مدل نش

نش (۱۹۵۷) برای به دست آوردن هیدروگراف واحد لحظه‌ای (IUH) با فرض اینکه عمل حوضه در برابر یک بارش لحظه‌ای معادل جریان از تعدادی از مخازن خطی باشد، معادله‌ای را پیشنهاد کرد که در آن حوضه به صورت یک سری از  $n$  مخزن خطی در نظر گرفته می‌شود که همان‌طور که در شکل (۲) نشان داده شده است، خروجی از یک مخزن ورودی به مخزن دیگر می‌باشد. برای هر مخزن معادله پیوستگی به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$I - Q = \frac{dS}{dt} \quad (1)$$

شهرسازی بر پارامترهای مدل نش در دو زیر حوضه با کاربری مختلف مورد مطالعه قرار می‌گیرد. هدف از پژوهش حاضر، برآورد و مقایسه پارامترهای مدل نش در زیر حوضه‌ها با کاربری متفاوت، که منعکس کننده اثرات سطوح نفوذناپذیر مناطق شهری یک حوضه هستند، می‌باشد.

### منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

به دلیل عدم وجود داده‌های کافی و مناسب در کشور خودمان، از رویدادهای یکی از حوضه‌های ایالت آریزونا در ایالات متحده آمریکا استفاده گردید. منطقه مورد مطالعه حوضه لا تراز<sup>۱</sup>، شامل یک زیر حوضه با پوشش گیاهی علفی و درختان بوته‌ای<sup>۲</sup> به مساحت تقریبی ۳۲ هکتار و یک زیرحوضه مسکونی به مساحت تقریبی ۱۳ هکتار که به ترتیب زیر حوضه طبیعی<sup>۳</sup> و شهری<sup>۴</sup> نامیده می‌شوند، می‌باشد. این منطقه در شهر سیرا ویستا<sup>۵</sup> در جنوب غربی ایالت آریزونا در ایالات متحده آمریکا واقع شده است. شکل ۱ موقعیت دو زیر حوضه را نسبت به هم نشان می‌دهد (کندی و همکاران، ۲۰۱۳). منطقه مورد مطالعه در ارتفاع تقریبی ۱۳۰۰ متر قرار گرفته و میانگین بارش سالانه آن ۳۷۰ میلی‌متر است که عمدتاً در اواخر تابستان و زمستان رخ می‌دهد. اختلاف ارتفاع بین بلندترین نقطه و خروجی در حوضه طبیعی برابر ۲۵ متر و بین خروجی حوضه طبیعی و خروجی حوضه شهری برابر ۶ متر می‌باشد. شیب منطقه بین ۱ تا ۱۰ درصد متغیر است. رواناب حاصل از حوضه طبیعی به حوضه شهری وارد شده و سپس از خروجی حوضه شهری خارج می‌گردد. قسمت بالادست حوضه شهری توسط یک کالورت زیرزمینی مستقیماً به خروجی حوضه زهکشی می‌شود و رواناب بقیه سطوح شهری در طول خیابان‌ها جاری شده و به خروجی می‌رسد

<sup>1</sup> - La Terraza

<sup>2</sup> - Mesquite grassland

<sup>3</sup> - Natural

<sup>4</sup> - Urban

<sup>5</sup> - Sierra Vista

<sup>6</sup> - USDA Southwest Watershed Research center

<sup>7</sup> - US Geological Survey

که در آن  $u(t)$  هیدروگراف واحد لحظه ای و  $\Gamma(n)$  تابع گاما می باشند.

### برآورد پارامترها

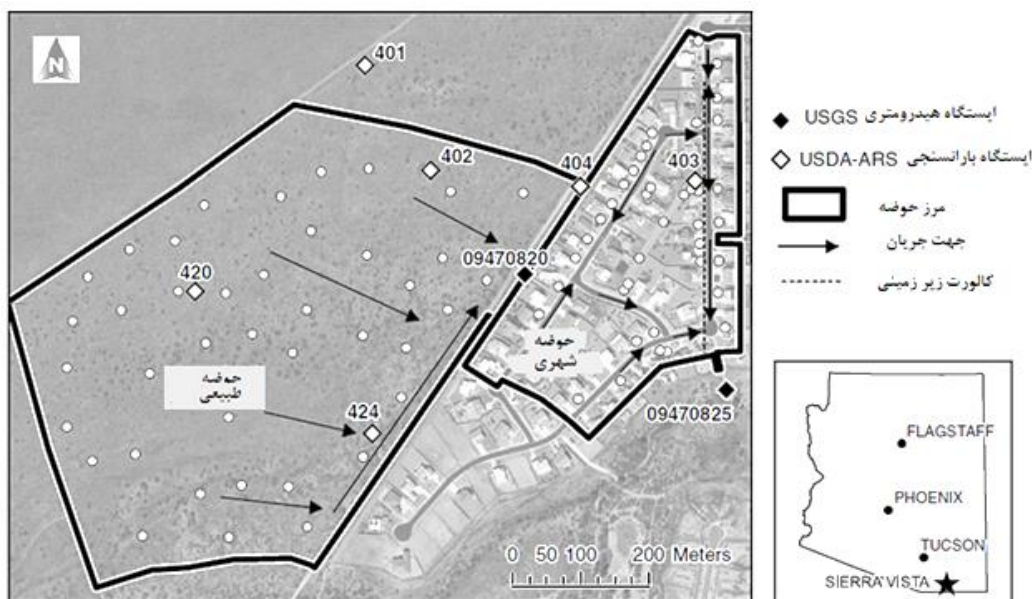
به منظور محاسبه پارامترهای مدل نش و مقایسه در دو زیر حوضه طبیعی و شهری، ۱۳ رویداد هم‌زمان در دو زیر حوضه انتخاب گردید. به دلیل طبیعت نیمه خشک منطقه مورد مطالعه، هیدروگراف‌ها دارای دبی پایه نبوده‌اند و رواناب‌های حاصل از بارش، هیدروگراف رواناب مستقیم می‌باشند. هیتوگراف بارش موثر با استفاده از روش شاخص  $\phi$  از هیتوگراف بارش مشاهداتی مجزا گردید (چاو و همکاران، ۱۹۸۸).

که در آن:  $I$ ، مقدار جریان ورودی به مخزن در زمان  $t$ ،  $Q$  مقدار جریان خروجی از مخزن در زمان  $t$  و  $dS/dt$  میزان تغییر ذخیره در مخزن می‌باشند. برای یک مخزن خطی رابطه ذخیره و خروجی به صورت زیر می‌باشد:

$$S = K \cdot Q \quad (2)$$

$K$  یک ضریب ثابت (با واحد زمان) است که زمان تاخیر مخزن نامیده می‌شود. معادله IUH مدل نش به صورت زیر بدست می‌آید (سینگ، ۱۹۸۸):

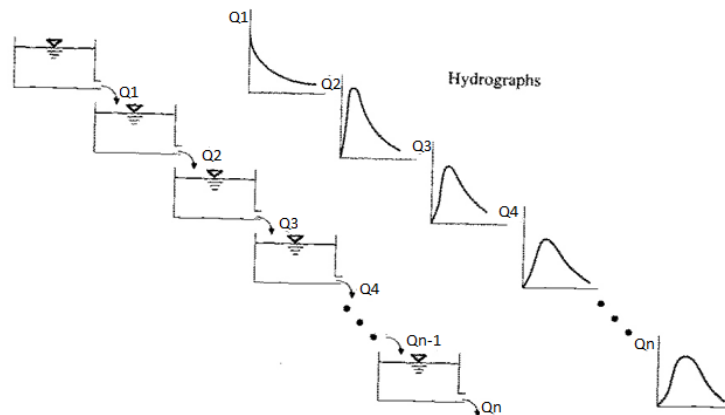
$$u(t) = \frac{1}{K \cdot \Gamma(n)} e^{-t/K} \left(\frac{t}{K}\right)^{n-1} \quad (3)$$



شکل (۱): منطقه مورد مطالعه، موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری و مرز زیرحوضه‌ها. (کندی و همکاران، ۲۰۱۳)

جدول (۲): مشخصات زیرحوضه‌های مورد مطالعه

| حوضه  | مساحت (ha) | حداکثر شیب (%) | میانگین نفوذناپذیری (%) | ضریب کشیدگی | ضریب شکل |
|-------|------------|----------------|-------------------------|-------------|----------|
| طبیعی | ۳۲         | ۳/۳            | ۰                       | ۰/۷۶        | ۲/۱۸     |
| شهری  | ۱۳         | ۲              | ۳۷                      | ۰/۷۴        | ۲/۳۵     |
| کل    | ۳۵         | ۳              | ۱۱                      | ۰/۶۴        | ۳/۰۶     |



شکل (۲): مخازن آبخاری مدل نش (چاو، ۱۹۸۸)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N [Q_{t,Obs} - Q_{t,Sim}]^2}{N}} \quad (5)$$

در این روش با توجه به مقدار اولیه در نظر گرفته شده برای هر یک از پارامترها، ریشه میانگین مربع خطا بین عرض‌های هیدروگراف مشاهده‌ای ( $Q_{t,Obs}$ ) و هیدروگراف شبیه‌سازی شده ( $Q_{t,Sim}$ )، محاسبه گردیده و پارامترهایی که کمترین مقدار RMSE را تولید کنند به عنوان پارامترهای مدل در رویداد مربوطه در نظر گرفته می‌شوند.

### روش تولید داده تصادفی

به منظور بررسی توزیع پارامترها، یک نمونه بزرگ تصادفی شامل ۱۰۰۰۰ جفت از پارامترهای  $n$  و  $K$  تولید می‌گردد و شبیه‌سازی برای هر جفت پارامتر انجام می‌شود. داده‌های تصادفی با استفاده از یک کدنویسی ساده در برنامه مطلب<sup>۴</sup> تولید شدند. از بین پارامترهای تولید شده، ۱۰ درصد بهترین پارامترها بر مبنای دو معیار نش-ساتکلیف و RMSE انتخاب می‌شود و تابع توزیع تجمعی<sup>۵</sup> (CDF) برای هر یک از رویدادها در هر حوضه ترسیم می‌گردد.

پارامترهایی که دارای بیشترین مقدار معیار نش-ساتکلیف و کمترین مقدار RMSE می‌باشند برای هر

در این مطالعه سه روش معمول شامل روش ممان‌ها<sup>۱</sup>، ریشه میانگین مربع خطاها<sup>۲</sup> و تولید داده تصادفی<sup>۳</sup> جهت برآورد پارامترهای مدل مفهومی نش مورد استفاده قرار گرفتند. روش‌های مذکور در ادامه شرح داده شده‌اند.

### روش ممان‌ها

با استفاده از روش ممان‌ها پارامترهای  $n$  و  $K$  مدل نش به صورت زیر محاسبه می‌شوند (سینگ ۱۹۸۸، چاو و همکاران ۱۹۸۸):

$$\begin{aligned} M_1(Q) - M_1(I) &= nk \\ M_2(Q) - 2M_1(I)M_1(Q) + M_2(I) &= nk^2(n-1) \end{aligned} \quad (4)$$

که در آن  $M_1$  و  $M_2$  ممان اول و دوم مقادیر نشان داده شده در پرانتزها می‌باشند.

### روش ریشه میانگین مربع خطاها RMSE

این روش بر مبنای حداقل نمودن خطای بین داده‌های مشاهده‌ای و محاسباتی می‌باشد (وس و همکاران، ۲۰۱۰):

<sup>۴</sup> - MATLAB

<sup>۵</sup> - Cumulative Distribution Function

<sup>۱</sup> - Moment

<sup>۲</sup> - Root Mean Square Errors

<sup>۳</sup> - Random Sampling Generation

مقادیر دبی متوسط محاسباتی و مشاهداتی؛ و  $N$  تعداد گام‌های زمانی هیدروگراف خروجی مورد نظر می‌باشد. به دلیل اهمیت میزان دبی اوج در کنترل سیلاب و میزان حجم سیلاب در مدیریت منابع آب دو معیار درصد مقدار مطلق خطای دبی اوج ( $E_p$ ) و درصد مقدار مطلق خطای حجم رواناب ( $E_v$ ) نیز به صورت زیر مورد استفاده قرار گرفت.

$$E_p = \frac{|Q_{p,Sim} - Q_{p,Obs}|}{Q_{p,Obs}} \times 100 \quad (8)$$

که در آن  $Q_{p,Obs}$  و  $Q_{p,Sim}$  به ترتیب مقدار دبی اوج محاسباتی و مشاهداتی می‌باشند.

$$E_v = \frac{|V_{Sim} - V_{Obs}|}{V_{Obs}} \times 100 \quad (9)$$

که  $V_{Obs}$  و  $V_{Sim}$  به ترتیب مقادیر حجم محاسباتی و مشاهداتی هیدروگراف سیلاب برای واقعه مورد نظر می‌باشد (راسوکا و همکاران، ۲۰۱۴). هر چه مقدار درصد این خطاها کمتر باشد نشان دهنده کارایی و دقت بیشتر مدل می‌باشد.

### نتایج و بحث

از بین ۱۳ رویداد انتخاب شده، ۹ رویداد جهت واسنجی و ۴ رویداد جهت صحت‌سنجی استفاده شد. در این رویدادها، کلیه هیدروگراف‌ها، هیدروگراف رواناب مستقیم بوده است و نیازی به جداسازی دبی پایه نبوده است. هیتوگراف بارش موثر با استفاده از روش شاخص  $\theta$  از هیتوگراف بارش مشاهداتی مجزا گردید (چاو و همکاران، ۱۹۸۸). مشخصات رویدادهای منتخب در خروجی حوضه در جدول (۲) ارائه شده است.

رویداد در هر زیر حوضه در نظر گرفته شده و توزیع‌های آماری مختلف بر آن‌ها برازش داده می‌شود و بهترین توزیع جهت تولید عدد تصادفی برای هر پارامتر در هر زیر حوضه انتخاب می‌گردد. میانه اعداد تولید شده به عنوان پارامتر مربوط به آن زیر حوضه در نظر گرفته می‌شود و در صحت‌سنجی رویدادها مورد آزمون قرار می‌گیرد.

### معیار ارزیابی مدل‌ها

شناسایی مدل‌های موفق و دقیق در پیش‌بینی وقایع هیدرولوژیکی از جمله رواناب حاصل از بارش از اهمیت بسزائی برخوردار است زیرا نتایج آن به طور مستقیم در طراحی ابعاد سازه‌های هیدرولیکی به کار گرفته می‌شود. لذا ارزیابی میزان دقت مدل پیشنهادی از طریق یک سری شاخص‌های آماری نظیر ضریب همبستگی ( $R$ )، بازده مدل با معیار نش- ساتکلیف ( $NE$ )، (نش و ساتکلیف، ۱۹۷۰)، از طریق مقایسه نتایج مدل با نتایج رویدادهای مشاهداتی انجام خواهد شد.

$$R = \frac{\left( \sum_{t=1}^N (Q_{t,Obs} - \bar{Q}_{Obs}) (Q_{t,Sim} - \bar{Q}_{Sim}) \right)^2}{\sqrt{\sum_{t=1}^N (Q_{t,Obs} - \bar{Q}_{Obs})^2} \sqrt{\sum_{t=1}^N (Q_{t,Sim} - \bar{Q}_{Sim})^2}} \quad (6)$$

$$NE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^N [Q_{t,Obs} - Q_{t,Sim}]^2}{\sum_{t=1}^N [Q_{t,Obs} - \bar{Q}_{Obs}]^2} \quad (7)$$

مشاهداتی دبی در زمان  $t$ ؛  $\bar{Q}_{Obs}$  و  $\bar{Q}_{Sim}$  به ترتیب

جدول (۲): مشخصات رویدادهای منتخب

| شماره رویداد | تاریخ رویداد | عمق بارش (mm) | عمق رواناب در خروجی کل حوضه (mm) | عمق رواناب در خروجی حوضه طبیعی (mm) |
|--------------|--------------|---------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| ۱            | ۸/۸/۲۰۰۸     | ۲۹۶/۰۹        | ۶۷/۸۱                            | ۷/۸۲                                |
| ۲            | ۱۴/۸/۲۰۰۵    | ۱۹۶/۰۹        | ۵۶/۴۸                            | ۱۱/۱۵                               |
| ۳            | ۲۳/۸/۲۰۰۵    | ۷۴/۰۲         | ۱۰/۴۸                            | ۰/۵۴                                |
| ۴            | ۲۵/۸/۲۰۰۶    | ۹۳/۸۱         | ۶/۵۲                             | ۰/۰۳                                |
| ۵            | ۳۱/۸/۲۰۰۸    | ۱۹۲/۸۷        | ۲/۷۳                             | ۰/۳۰                                |
| ۶            | ۱۹/۷/۲۰۰۸    | ۱۳۸/۱۱        | ۲۱/۵۷                            | ۱/۲۹                                |
| ۷            | ۲۳/۷/۲۰۰۸    | ۱۲۷/۱۱        | ۱۴/۶۵                            | ۱/۳۰                                |
| ۸            | ۲۴/۷/۲۰۰۵    | ۱۰۱/۱۴        | ۳/۶۱                             | ۰/۱۸                                |
| ۹            | ۲۱/۶/۲۰۰۶    | ۴۶۰/۹۴        | ۳۰/۲۱                            | ۶/۵۲                                |
| ۱۰           | ۴/۸/۲۰۰۷     | ۴۹/۱۶         | ۴/۹۹                             | ۰/۳۶                                |
| ۱۱           | ۷/۸/۲۰۰۸     | ۱۸۷/۸۶        | ۲۷/۲۰                            | ۲/۹۰                                |
| ۱۲           | ۸/۸/۲۰۰۶     | ۵۴/۲۳         | ۶/۲۳                             | ۰/۰۲                                |
| ۱۳           | ۱۴/۸/۲۰۰۸    | ۱۳۶/۴۴        | ۲۳/۰۲                            | ۳/۴۹                                |

جدول (۳): میانه پارامترهای محاسبه شده با استفاده از روش های مذکور

| حوضه  | پارامتر      | روش    |        |
|-------|--------------|--------|--------|
|       |              | ممان   | RMSE   |
| طبیعی | $K_n(\min)$  | ۱۳۲/۶۳ | ۶۱/۳۸  |
|       | $n_n$        | ۲/۲۵   | ۵/۲۶   |
|       | $Kn_n(\min)$ | ۳۲۷/۴۶ | ۳۲۲/۶۱ |
| شهری  | $K_u(\min)$  | ۴۱۱/۴۲ | ۱۳۴/۴۹ |
|       | $n_u$        | ۰/۶۴   | ۱/۰۱   |
|       | $Kn_u(\min)$ | ۳۰۳/۷۱ | ۲۲۸/۰۹ |
| کل    | $K(\min)$    | ۳۲۶/۲۹ | ۱۰۸/۷۴ |
|       | $n$          | ۰/۸۰   | ۱/۷۳   |
|       | $Kn(\min)$   | ۳۱۶/۰۵ | ۲۳۳/۲۸ |

مخازن مدل نش در حوضه‌های طبیعی، شهری و کل حوضه می‌باشند. به همین ترتیب پارامترهای  $Kn_n$ ،  $Kn_u$  و  $Kn$  به ترتیب زمان تاخیر<sup>۱</sup> مخازن در مدل نش در حوضه‌های طبیعی، شهری و کل حوضه هستند.

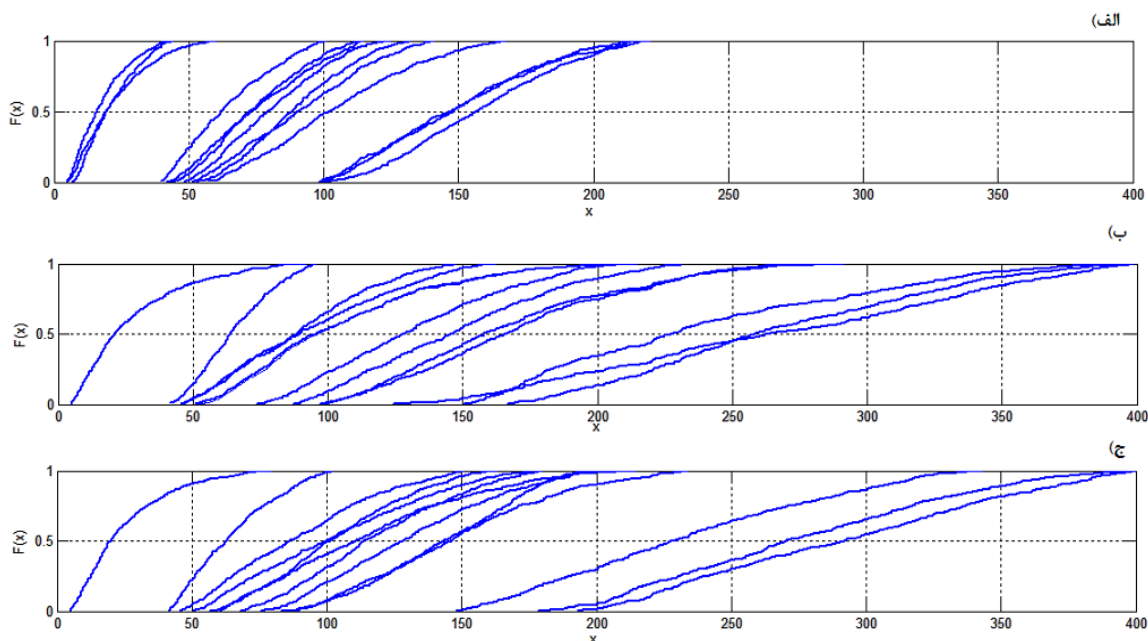
پارامترهای مدل نش با استفاده از روش‌های مذکور در هر زیر حوضه به طور جداگانه محاسبه گردیدند. سپس میانه پارامترها در هر زیر حوضه جهت شبیه‌سازی در رویدادهای صحت‌سنجی در نظر گرفته شد. جدول (۳) میانه پارامترهای محاسبه شده را نشان می‌دهد. پارامترهای  $K_n$ ،  $K_u$  و  $K$  به ترتیب ثابت ذخیره مخازن در مدل نش در حوضه‌های طبیعی، شهری و کل حوضه؛ و  $n_n$ ،  $n_u$  و  $n$  به ترتیب تعداد

<sup>۱</sup> - Lag Time

پارامتر به کار گرفته شد. به منظور ارزیابی مدل برای هر جفت پارامتر، دو معیار نش-ساتکلیف و RMSE مورد استفاده قرار گرفت. ۱۰ درصد بهتر از کل پارامترها بر مبنای این دو معیار انتخاب شدند (دون خوان و همکاران، ۲۰۱۳) و نمودارهای CDF آنها برای هر رویداد در هر حوضه ترسیم گردیدند. شکل‌های (۳) و (۴) به ترتیب نمودارهای CDF پارامترهای K و n را نشان می‌دهند. هیستوگرام پارامترهای به دست آمده در این روش به ترتیب در شکل‌های (۵) و (۶) نشان داده شده است. همان‌طور که در هیستوگرام‌ها مشاهده می‌گردد بیشتر مقادیر n در حوضه طبیعی حدود عدد ۴ پراکنده شده‌اند، در حالی که در حوضه شهری و حوضه کل این مقدر به ترتیب حدود ۱ و ۲ است ( $n_n > n > n_u$ ). در مورد پارامتر K، در حوضه طبیعی، بین ۵۰ تا ۱۰۰، برای حوضه شهری حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ و برای کل حوضه حول عدد ۱۰۰ دارای بیشترین تراکم می‌باشند ( $K_u > K > K_n$ ).

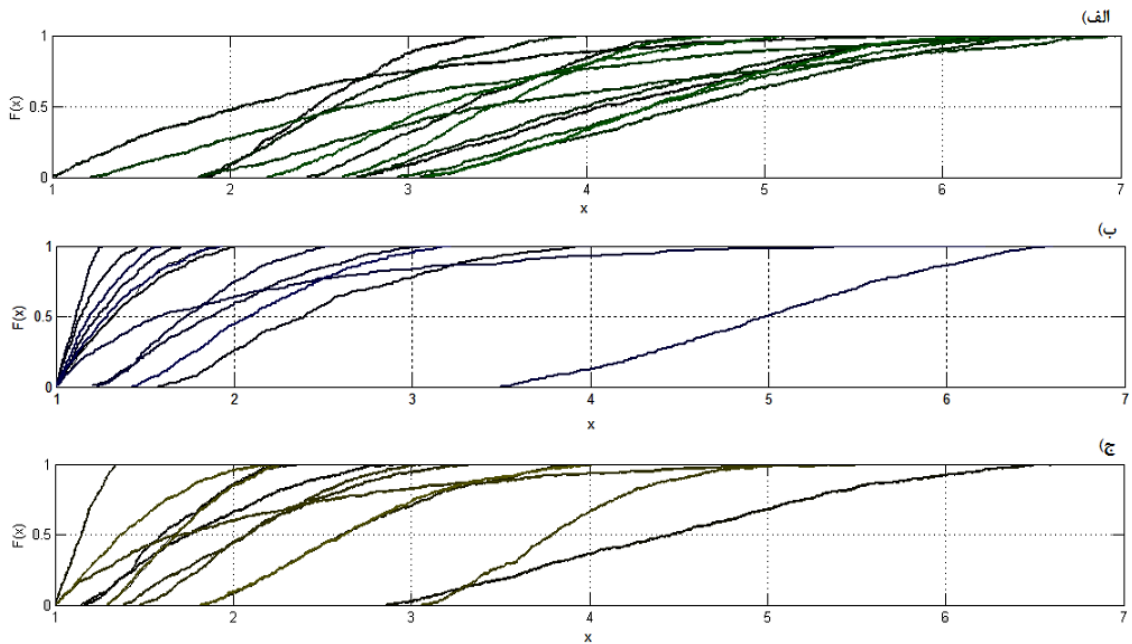
همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌گردد، تعداد مخازن در زیر حوضه طبیعی به طور میانگین تقریباً ۳/۵ برابر حوضه شهری است که از لحاظ منطقی کاملاً درست می‌باشد، زیرا تعداد بیشتر مخازن در سری مخازن آبخاری نش نشان دهنده ذخیره بیشتر و در نتیجه رواناب کمتر در حوضه می‌باشد. مقدار پارامتر K در حوضه شهری بیشتر از حوضه طبیعی به دست آمده است. پارامتر زمان تاخیر حوضه ( $Kn$ ) که حاصل ضرب دو پارامتر ثابت ذخیره و تعداد مخازن در سری مخازن نش می‌باشد، در حوضه طبیعی بیشتر از حوضه شهری می‌باشد. این پارامتر نشان می‌دهد به دلیل نفوذپذیری کمتر در زیر حوضه شهری، زمان کمتری طول می‌کشد تا رواناب تولید شده به خروجی حوضه برسد و در نتیجه ذخیره کمتری در مخازن زیرحوضه شهری اتفاق می‌افتد.

به منظور بررسی توزیع پارامترها، به جای در نظر گرفتن فقط یک پارامتر بهینه برای هر رویداد، یک نمونه بزرگ تصادفی شامل ۱۰۰۰۰ جفت از پارامترهای n و K تولید گردید و مدل برای هر جفت

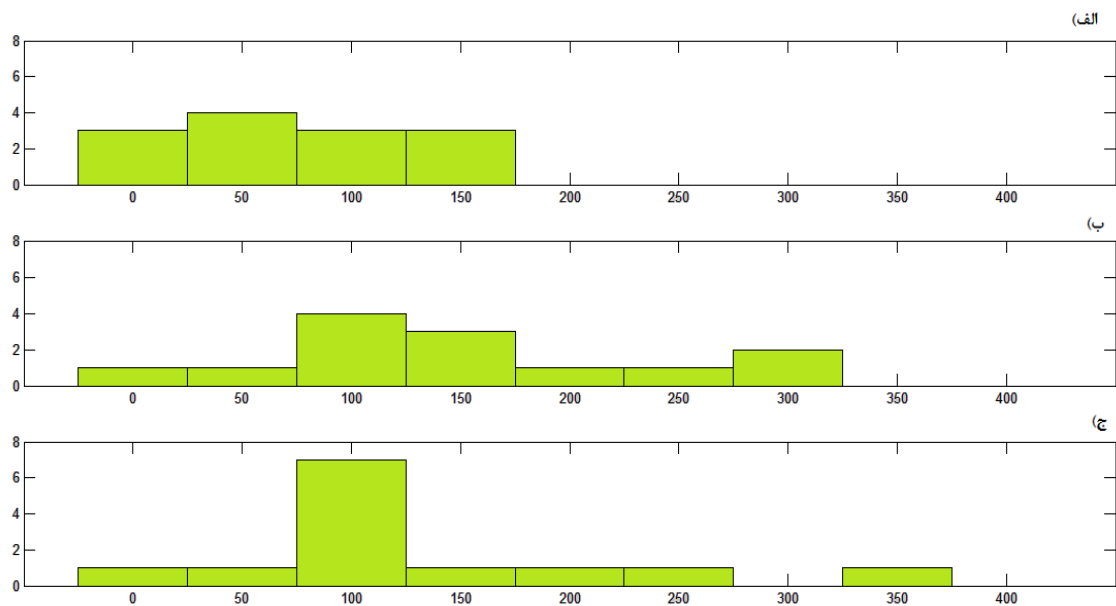


شکل (۳): نمودارهای CDF پارامتر K به ترتیب در حوضه های الف) طبیعی، ب) شهری و ج) کل

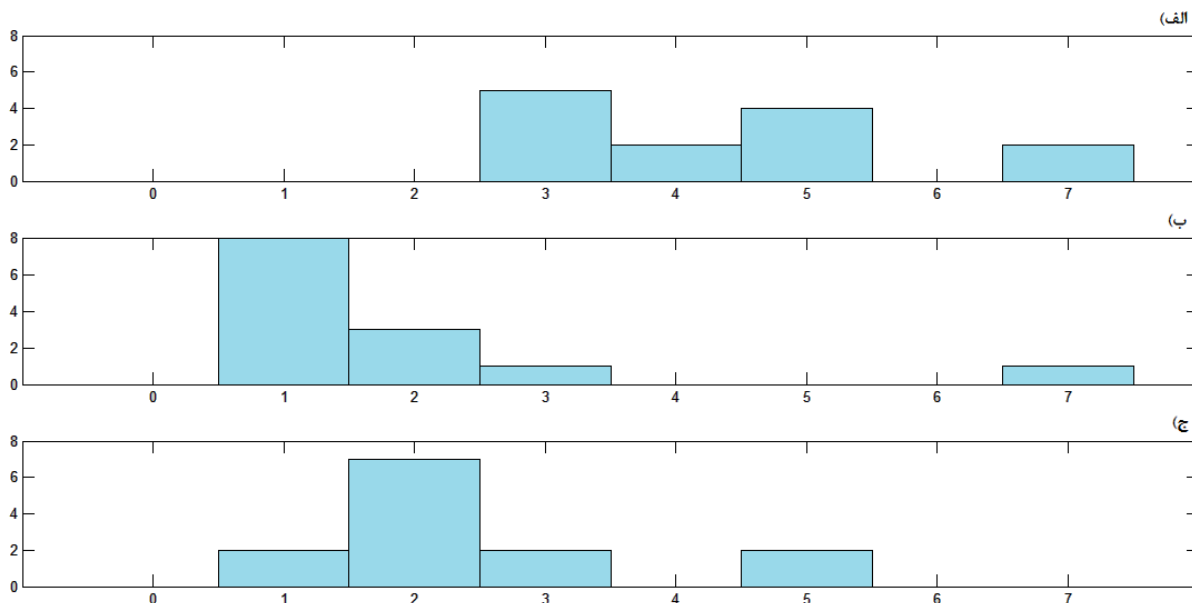




شکل (۴): نمودارهای CDF پارامتر n به ترتیب در حوضه های الف) طبیعی ، ب) شهری و ج) کل

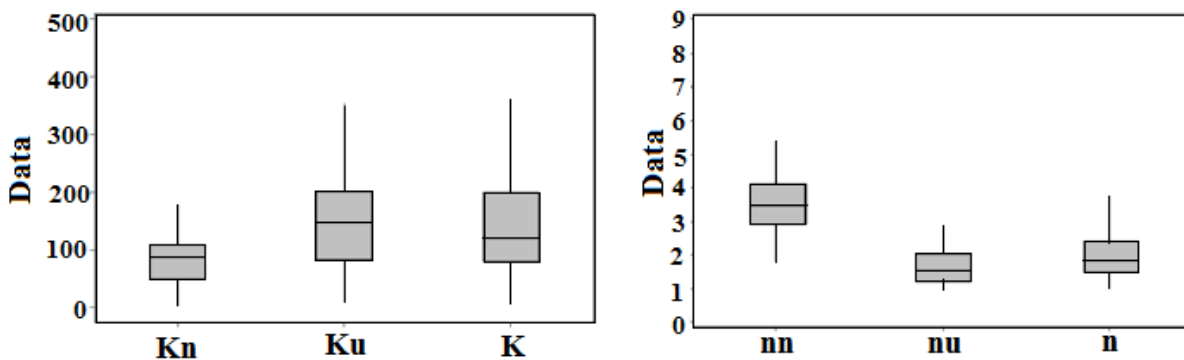


شکل (۵): هیستوگرام پارامتر K با استفاده از روش تولید داده تصادفی به ترتیب در حوضه های الف) طبیعی ، ب) شهری و ج) کل



شکل (۶): هیستوگرام پارامتر n با استفاده از روش تولید داده تصادفی به ترتیب در حوضه های الف) طبیعی ، ب) شهری و ج)

کل



شکل (۷): نمودارهای باکس پلات داده های تولید شده برای پارامترهای مدل نش

میانه (صدک ۵۰) و قسمت پایین (بالای) مستطیل صدک ۲۵ (۷۵) را نشان می‌دهد. همچنین قسمت تحتانی (فوقانی) خطوط قائم، مقادیر مینیمم (ماکزیمم) مشاهدات را نشان می‌دهد. ارتفاع مستطیل نشان دهنده واریانس داده‌های واقع مابین دو صدک ۲۵ و ۷۵ می‌باشد. همان‌طور که از شکل‌ها می‌توان استنباط کرد میانه پارامتر n (K) در حوضه طبیعی بیشتر (کمتر) از حوضه شهری است. این مقدار در کل حوضه مابین دو حوضه طبیعی و شهری قرار گرفته است. با توجه به این مقادیر هر چه درصد مناطق نفوذناپذیر نسبت به کل حوضه افزایش می‌یابد، مقدار

بر مبنای پارامترهایی که بر اساس کمترین RMSE و بیشترین مقدار معیار نش-ساتکلیف در هر حوضه به دست آمدند، توزیع‌های مختلف بر هر پارامتر برازش داده شد. توزیع لوگ نرمال سه پارامتری و لوگ پییرسون نوع ۳ دارای بهترین برازش به ترتیب برای پارامترهای K و n بودند. بر مبنای توزیع بدست آمده برای هر پارامتر، یک نمونه تصادفی تولید گردید و میانه این اعداد برای صحت‌سنجی بقیه رویدادها استفاده گردید. نمودارهای باکس پلات داده‌های تولید شده در شکل (۷) نشان داده شده است. در این شکل‌ها خط افقی واقع در داخل درون مستطیل‌ها،

حوضه، برای سه روش ممان، RMSE و تولید داده تصادفی به ترتیب برابر ۰/۷۴، ۰/۷۴ و ۰/۸۶ و مقادیر میانگین ضریب همبستگی در سه حوضه، برای سه روش مذکور به ترتیب برابر ۰/۸۷، ۰/۹۰ و ۰/۹۴ بدست آمده‌اند. مقدار میانگین خطای دبی پیک و خطای حجم هیدروگراف در روش تولید داده تصادفی از دو روش دیگر کمتر است. با توجه به جدول (۴) و هیدروگراف‌های شکل (۸) می‌توان گفت در کل، روش تولید داده تصادفی دارای دقت بیشتری نسبت به دو روش دیگر می‌باشد.

پارامتر  $\Pi$  کاهش پیدا می‌کند. همچنین مقدار واریانس  $\Pi$  در حوضه شهری نسبت به حوضه طبیعی و کل حوضه کمتر است.

نتایج حاصل از صحت‌سنجی پارامترهای محاسبه شده در سه حوضه مورد مطالعه در جدول (۴) و شکل (۸) نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهند هر سه روش نتایج قابل قبولی در شبیه‌سازی هیدروگراف خروجی از حوضه ارائه می‌دهند (به جز یک رویداد). با توجه به معیارهای ارزیابی در جدول (۴)، مقادیر میانگین معیار نش-ساتکلیف در سه

جدول (۴): نتایج صحت‌سنجی پارامترهای مدل نش با سه روش ممان، RMSE و تولید داده تصادفی

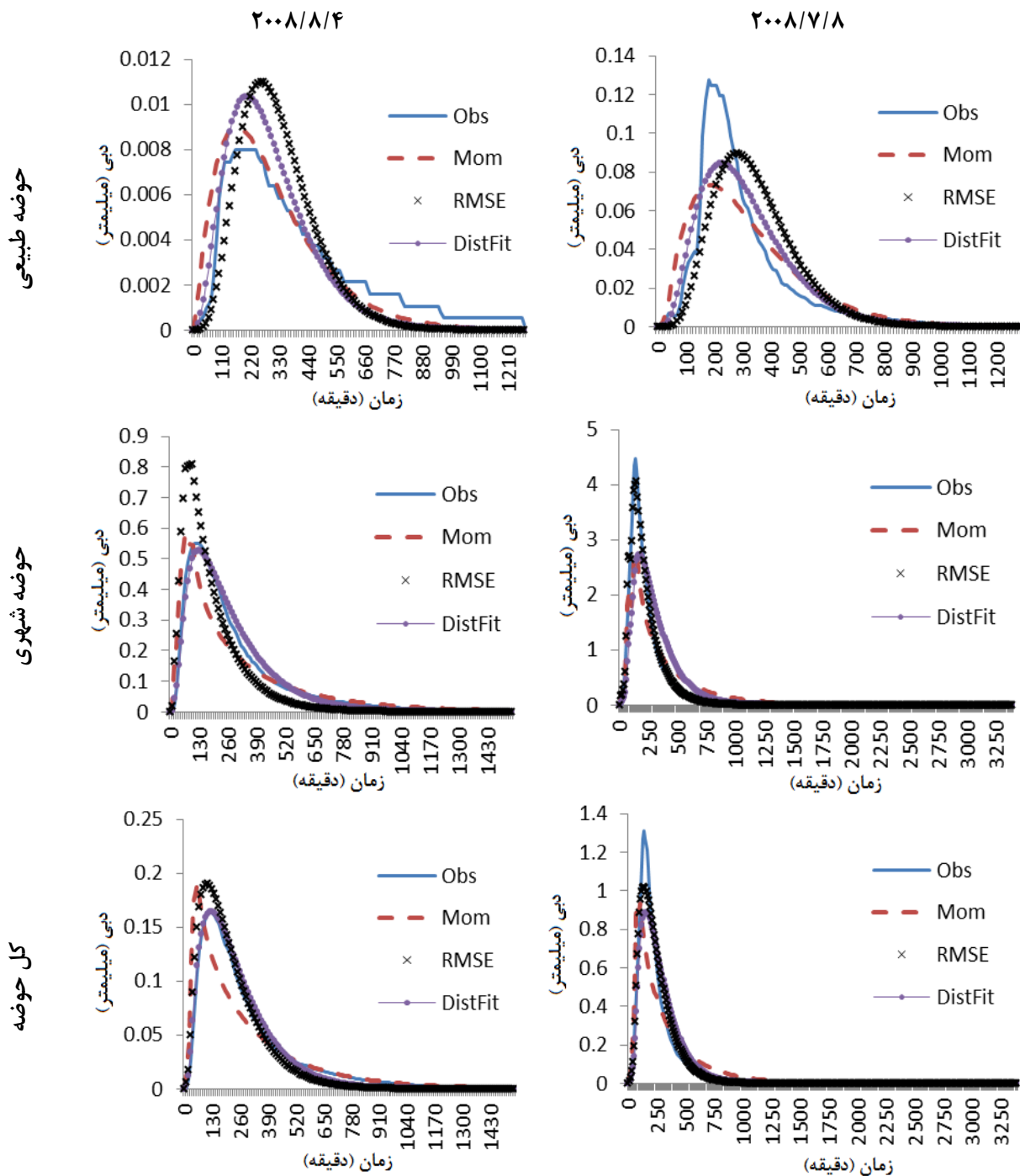
| روش               | حوضه  | پارامتر |       |      |
|-------------------|-------|---------|-------|------|
|                   |       | Ev      | Ep    | R    |
| ممان              | طبیعی | ۰/۱۰    | ۲۷/۸۱ | ۰/۹۱ |
|                   | شهری  | ۷/۲۲    | ۱۶/۱۷ | ۰/۹۲ |
|                   | کل    | ۴/۰۸    | ۲۱/۹۱ | ۰/۷۷ |
| RMSE              | طبیعی | ۰/۰۰    | ۲۶/۵۸ | ۰/۹۰ |
|                   | شهری  | ۳/۵۳    | ۲۹/۴۱ | ۰/۹۳ |
|                   | کل    | ۰/۲۴    | ۱۷/۶۹ | ۰/۸۸ |
| تولید داده تصادفی | طبیعی | ۰/۰۱    | ۲۶/۹۷ | ۰/۹۶ |
|                   | شهری  | ۰/۳۷    | ۱۷/۲۶ | ۰/۹۵ |
|                   | کل    | ۰/۱۴    | ۱۱/۲۸ | ۰/۹۱ |

طبیعی به ترتیب برابر ۱۴/۷۲ و ۲۲/۷۸ درصد، در حوضه شهری ۱۱/۲۴ و ۳۱/۶۱ درصد و در کل حوضه برابر ۱۴/۷۲ و ۲۰/۷۱ درصد می‌باشد. میزان عدم قطعیت در پیش‌بینی حجم هیدروگراف در ۲۰ درصد بالا و پایین داده‌های تولید شده در حوضه طبیعی به ترتیب برابر ۰/۰۳ و ۰/۰۱ درصد، در حوضه شهری ۰/۱۴ و ۰/۵۲ درصد و در کل حوضه برابر ۰/۰۶ و ۰/۲۱ درصد می‌باشد. شکل (۹) هیدروگراف‌های صحت‌سنجی را در حدود بالا و پایین بررسی شده پارامترها نشان می‌دهد. با توجه به مقادیر جدول (۵) مشاهده می‌گردد تغییرات مقادیر پارامتر  $\Pi$  برای هر زیر حوضه کمتر از تغییرات مقدار  $K$  بوده و به‌نظر می‌رسد مدل نسبت به تغییرات پارامتر  $K$  حساس‌تر می‌باشد. این نتیجه با نتایج آگیره و همکاران (۲۰۰۵)

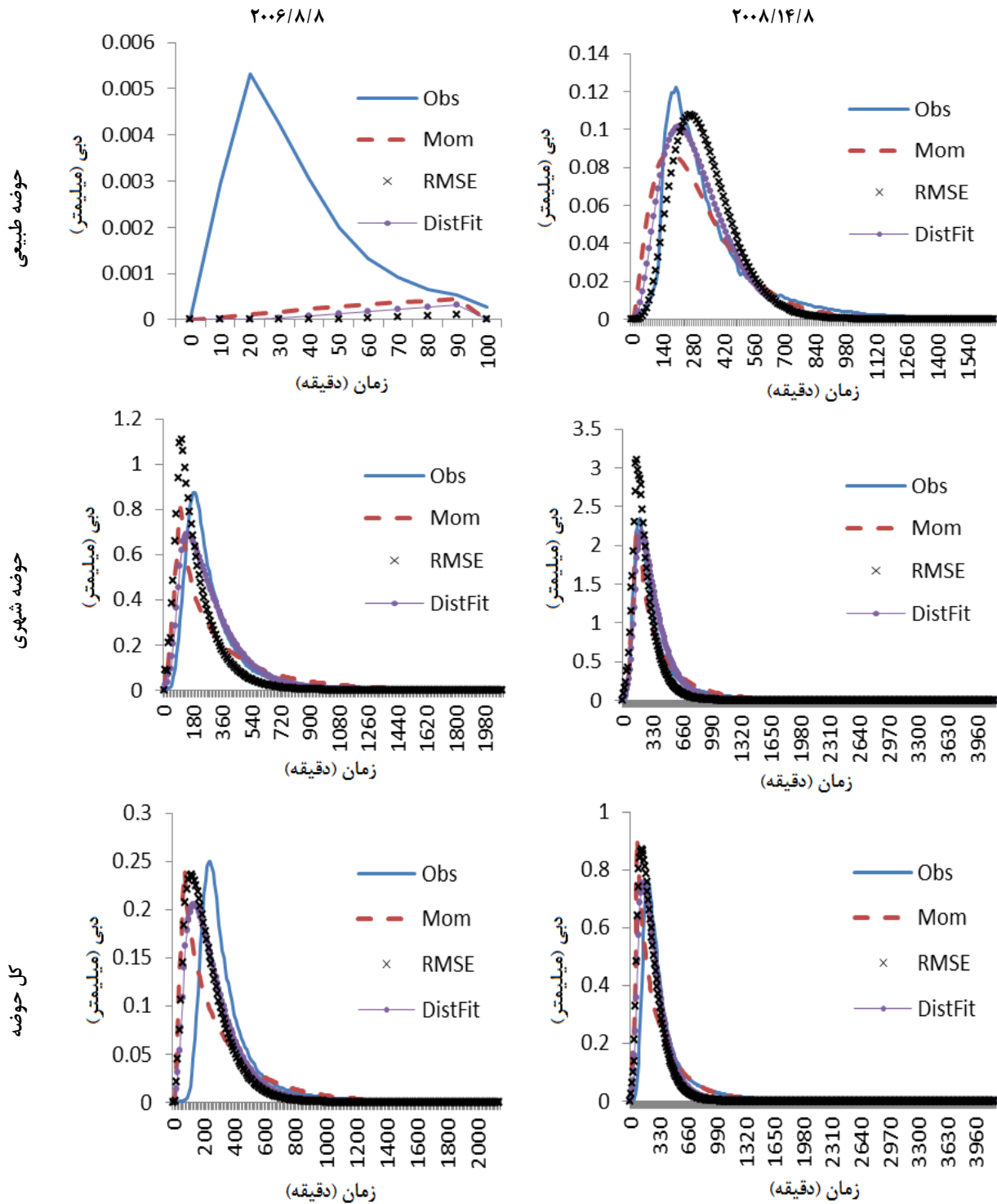
به منظور بررسی بیشتر تغییرات پارامترها، مقادیر ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد حد بالا و پایین میانه پارامترها نیز در رویدادهای صحت‌سنجی مورد آزمون قرار گرفت. این مقادیر و معیار نش-ساتکلیف در جدول (۵) ارائه شده‌اند. با توجه به مقادیر معیار نش-ساتکلیف، در حوضه شهری تا ۴۰ درصد حد بالا و پایین داده‌ها نیز نتایج مطلوبی حاصل می‌گردد. مقادیر مطلوب حد بالا و پایین برای حوضه طبیعی و کل به ترتیب برابر ۳۰ و ۱۰ درصد می‌باشد. در حوضه شهری دامنه وسیع‌تری از داده‌ها جواب قابل‌قبولی نسبت به حوضه طبیعی و کل حوضه می‌دهند و این به دلیل عدم قطعیت کمتر در حوضه‌های شهری می‌باشد. میزان عدم قطعیت در پیش‌بینی دبی پیک در ۲۰ درصد بالا و پایین داده‌های تولید شده در حوضه

وجود برای هر حوضه می‌توان محدوده‌ای از  $K$  که در آن بازده قابل قبولی به دست آید، ارائه نمود.

و نیازی و همکاران (۱۳۸۷) نیز هم‌خوانی دارد. در واقع می‌توان گفت تغییرات اصلی هیدروگراف‌ها در هر زیر حوضه، با تغییر در مقادیر  $K$  رخ می‌دهد، با این



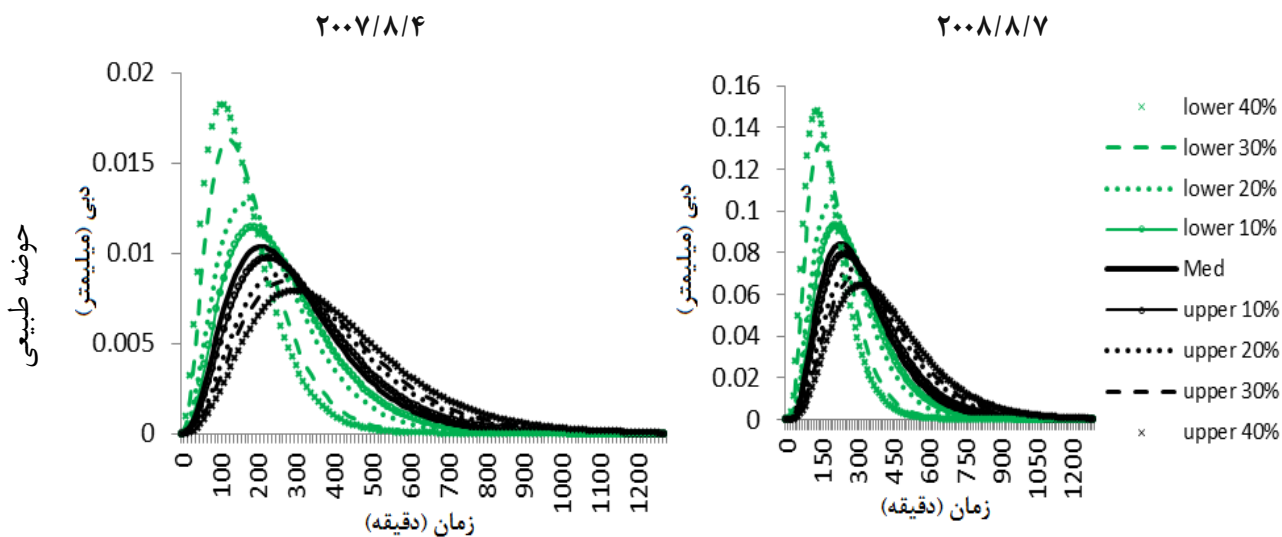
شکل (۸): هیدروگراف‌های مشاهداتی و محاسباتی در مرحله صحت سنجی

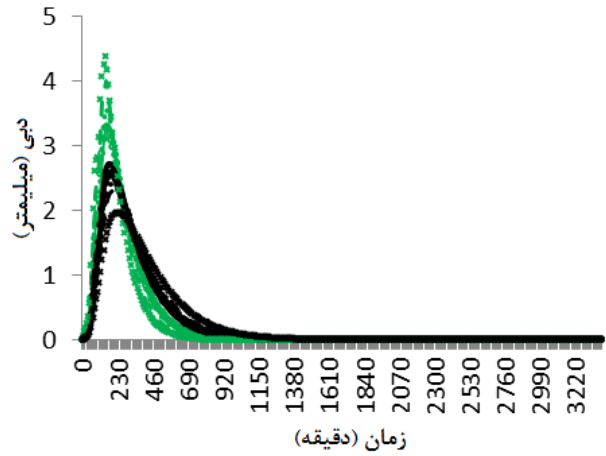
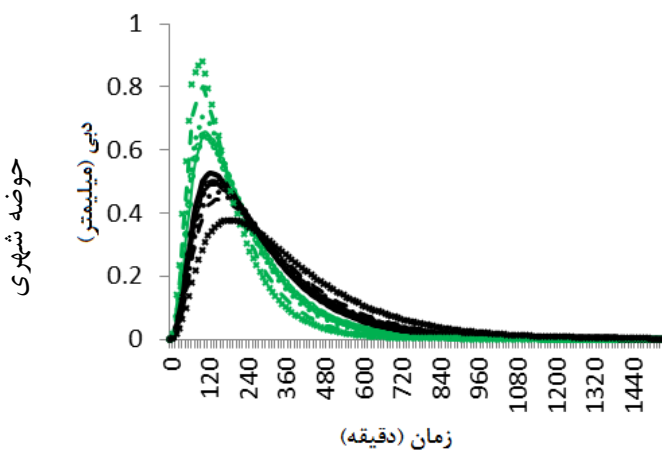


ادامه شکل (۸): هیدروگراف‌های مشاهده‌ای و محاسباتی در مرحله صحت سنجی

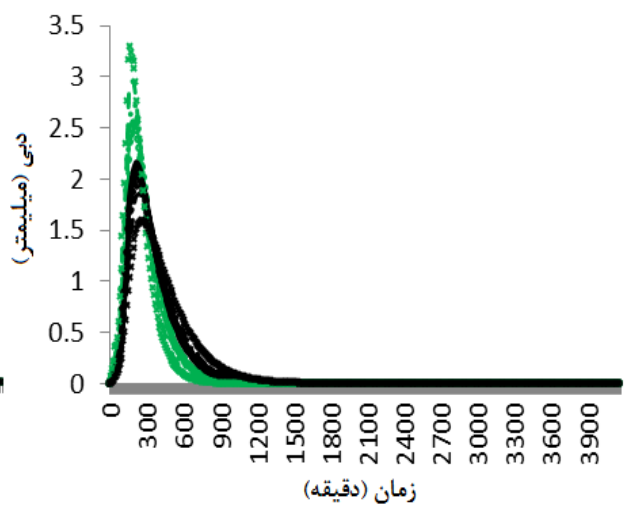
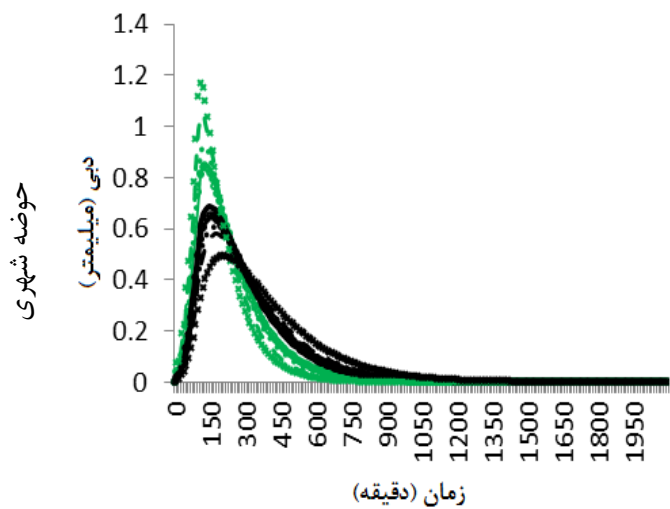
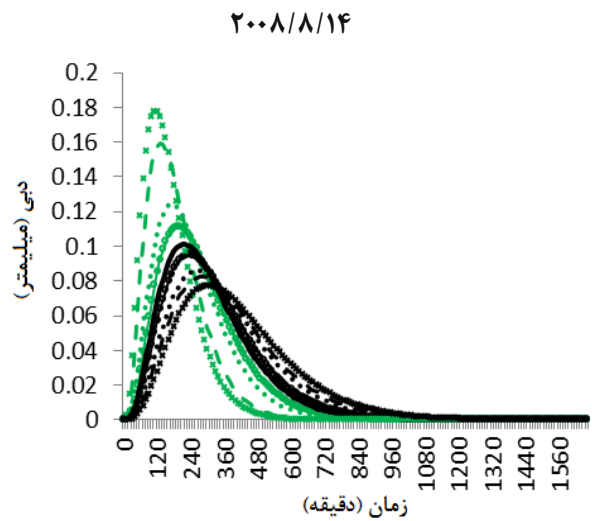
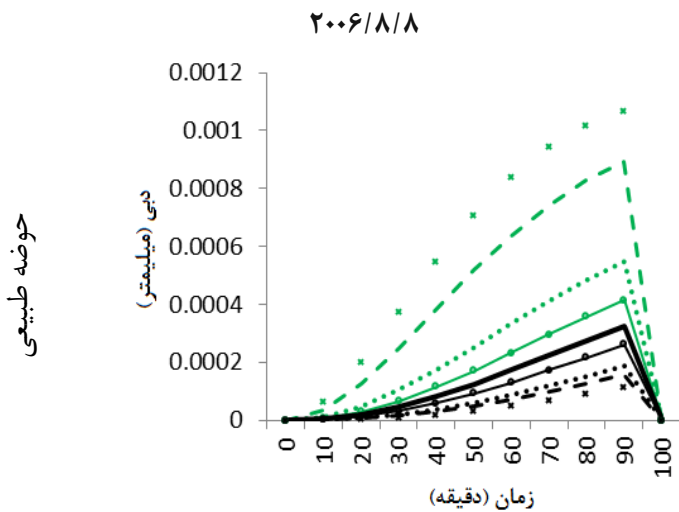
جدول (۵): مقادیر حدود بالا و پایین در سری تصادفی داده‌های تولید شده

| حوضه    | پارامتر | پایین  |        |        |       | میان   | بالا   |        |        |        |
|---------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
|         |         | ٪۱۰    | ٪۲۰    | ٪۳۰    | ٪۴۰   |        | ٪۱۰    | ٪۲۰    | ٪۳۰    | ٪۴۰    |
| طبیعی   | Kn(min) | ۷۷/۸۷  | ۷۱/۴۳  | ۵۷/۳۹  | ۵۲/۹۲ | ۸۵/۰۲  | ۸۸/۱۶  | ۹۵/۹۴  | ۹۹/۲۵  | ۱۰۲/۸۲ |
|         | $n_n$   | ۳/۳۸   | ۳/۲۷   | ۳/۱۲   | ۲/۹۹  | ۳/۴۳   | ۳/۵۵   | ۳/۶۴   | ۳/۷۱   | ۳/۸۸   |
|         | NE      | ۰/۸۱   | ۰/۶۵   | -۰/۰۸  | -۰/۶۱ | ۰/۸۶   | ۰/۸۶   | ۰/۸۰   | ۰/۷۵   | ۰/۴۱   |
|         | Ep      | ۱۰/۱۹  | ۲۲/۷۸  | ۷۵/۵۳  | ۷۵/۵۶ | -      | ۵/۷۱   | ۱۴/۷۲  | ۱۸/۵۴  | ۲۳/۶۰  |
|         | Ev      | ۰/۰۱   | ۰/۰۱   | ۰/۰۱   | ۰/۰۱  | -      | ۰/۰۱   | ۰/۰۳   | ۰/۰۶   | ۰/۱۱   |
| شهری    | Ku(min) | ۱۲۴/۹۵ | ۱۱۵/۹۱ | ۱۱۰/۰۲ | ۹۸/۰۴ | ۱۴۵/۱۱ | ۱۴۹/۴۶ | ۱۵۵/۹۱ | ۱۵۹/۶۷ | ۱۷۹/۶۵ |
|         | $n_u$   | ۱/۴۳   | ۱/۴۰   | ۱/۲۸   | ۱/۲۶  | ۱/۵۳   | ۱/۵۸   | ۱/۶۲   | ۱/۶۶   | ۱/۸۱   |
|         | NE      | ۰/۹۳   | ۰/۹۰   | ۰/۸۴   | ۰/۷۶  | ۰/۹۱   | ۰/۸۹   | ۰/۸۶   | ۰/۸۴   | ۰/۷۲   |
|         | Ep      | ۲۱/۳۲  | ۳۱/۶۱  | ۴۷/۵۲  | ۶۲/۶۴ | -      | ۵/۵۴   | ۱۱/۲۴  | ۱۵/۰۷  | ۲۷/۷۴  |
|         | Ev      | ۰/۳۴   | ۰/۵۲   | ۱/۱۸   | ۱/۵۶  | -      | ۰/۰۹   | ۰/۱۴   | ۰/۱۸   | ۰/۲۶   |
| کل حوضه | K(min)  | ۱۱۳/۷۳ | ۱۰۸/۴۶ | ۹۸/۱۳  | ۸۸/۹۹ | ۱۲۰/۱۸ | ۱۲۵/۴۴ | ۱۳۴/۹۵ | ۱۵۲/۴۵ | ۱۶۹/۸۷ |
|         | n       | ۱/۷۲   | ۱/۶۲   | ۱/۵۷   | ۱/۵۳  | ۱/۸۲   | ۱/۸۸   | ۱/۹۲   | ۲/۱۹   | ۲/۲۴   |
|         | NE      | ۰/۷۴   | ۰/۶۷   | ۰/۴۹   | ۰/۲۹  | ۰/۸۱   | ۰/۸۴   | ۰/۸۵   | ۰/۷۶   | ۰/۶۷   |
|         | Ep      | ۱۰/۹۸  | ۲۰/۷۱  | ۳۹/۰۷  | ۵۶/۳۲ | -      | ۶/۷۳   | ۱۴/۷۲  | ۳۲/۰۷  | ۴۰/۰۴  |
|         | Ev      | ۰/۱۰   | ۰/۲۱   | ۰/۴۳   | ۰/۶۴  | -      | ۰/۰۴   | ۰/۰۶   | ۰/۱۰   | ۰/۱۲   |

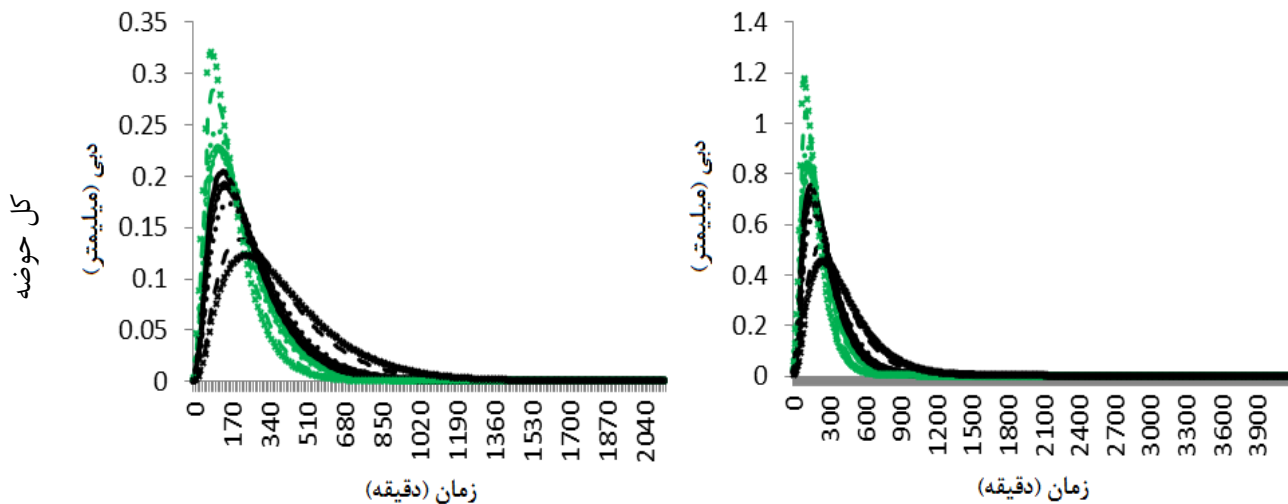




۵  
۹



ادامه شکل (۹): هیدروگراف‌های صحت‌سنجی در حدود بالا و پایین



ادامه شکل (۹): هیدروگراف‌های صحت‌سنجی در حدود بالا و پایین پارامترها

### نتیجه‌گیری

تاخیر حوضه می‌باشد، در حوضه طبیعی بیشتر از حوضه شهری به‌دست آمده است که نشان دهنده تخلیه سریع مخازن شهری به خروجی حوضه می‌باشد.

- میانه پارامترهای محاسبه شده در هر یک از روش‌ها، در رویداد های صحت‌سنجی مورد آزمون قرار گرفت؛ هر سه روش نتایج قابل قبولی ارائه نمودند.
- میزان عدم قطعیت برآورد شده با توجه به تغییرات پارامترها در مقادیر ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد حد بالا و پایین میانه در حوضه شهری نسبت به حوضه طبیعی و کل حوضه کمتر می‌باشد.
- تغییرات مقادیر پارامتر  $n$  برای هر زیر حوضه کمتر از تغییرات مقدار  $K$  بوده است و به‌نظر می‌رسد مدل نسبت به تغییرات پارامتر  $K$  حساستر می‌باشد. با این وجود برای هر حوضه می‌توان محدوده ای از  $K$  که در آن بازده قابل قبولی به‌دست آید، ارائه نمود.

در این تحقیق اثر شهرسازی بر پارامترهای مدل نش در دو زیر حوضه با کاربری مختلف در یک حوضه در آریزونا واقع در ایالات متحده آمریکا مورد مطالعه قرار گرفت. در این پژوهش پارامترهای مدل نش در زیر حوضه‌ها با استفاده از سه روش برآورد گردید و پارامترهای به‌دست آمده جهت محاسبه هیدروگراف‌ها مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از پارامترهای تخمین زده شده در مرحله صحت‌سنجی با یکدیگر و با هیدروگراف‌های مشاهداتی مورد مقایسه و بررسی قرار گرفتند. با توجه به مطالعه انجام شده نتایج زیر ارائه می‌گردد:

- با استفاده از سه روش برای محاسبه پارامترهای مدل نش، نتایج نشان داد که مقدار  $n$  مدل نش، در حوضه طبیعی به میزان قابل توجهی از حوضه شهری بیشتر است؛ که نشان دهنده تعداد بیشتر مخازن در سری مخازن مدل نش در حوضه طبیعی می‌باشد. مقدار  $K$  مدل نش که ثابت ذخیره مخازن می‌باشد، در حوضه طبیعی از حوضه شهری کمتر است. حاصل‌ضرب این دو پارامتر که زمان



## منابع

- بهره‌مند، ع. و ر. مصطفی‌زاده. ۱۳۸۹. مقایسه کارایی روش‌های تخمین پارامترهای مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای نش در شبیه‌سازی هیدروگراف جریان در حوزه آبخیز جعفرآباد، مجله پژوهش‌های آبخیزداری. شماره ۸۶. صفحه ۴۲-۵۱.
- نیازی، ف.، ا. فاخری‌فرد، ع. حسین‌زاده دلیر، ا. ح. ناظمی، و م. ع. قربانی. ۱۳۸۷. استخراج هیدروگراف واحد ژئومورفولوژی مخزن و مقایسه آن با هیدروگراف واحد بر مبنای مدل نش (مطالعه موردی: حوضه کمانج بالا)، مجله دانش کشاورزی. جلد ۱۸، شماره ۳، صفحه ۱۹-۳۱.
- Agirre, U., M. Goni, J. J. Lopez and F. N. Gimena. 2005. Application of a unit hydrograph based on subwatershed division and comparison with Nash's instantaneous unit hydrograph. *Catena* 64: 321-332.
- Arnold, C. L., and C. J. Gibbons. 1996. Impervious surface coverage: the emergence of a key environmental indicator. *Journal of the American Planning Association*, 62: 243-258.
- Boyd, M. J., M. C. Bufill and R. M. Knee. 1993. Pervious and impervious runoff in urban catchments. *Hydrological Sciences Journal*, 38(6): 463-478.
- Cheng, S. J. and R. Y. Wang. 2002. An approach for evaluating the hydrological effects of urbanization and its application. *Hydrological Processes*, 16:1403-1418.
- Cheng, S. J., C. f. Lee and J. H. Lee. 2010. Effect of urbanization factors on model parameters. *Water Resources Management*, 24: 775-794.
- Chow, V. T. and D. R. Maidment. Mays, L. W. 1988. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill, New York, USA, 572 pages.
- Dongquan, Z., C. Jining, W. Haozheng and T. Qingyuan. 2013. Application of a sampling based on the combined objectives of parameter identification and uncertainty analysis of an urban rainfall-runoff model. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 139:66-74.
- Dougherty, M., R. L. Dymond, T. J. Grizzard Jr, A. N. Godrej, C. E. Zipper and J. Randolph. 2006. Quantifying long term hydrologic response in an urbanizing basin. *Journal of Hydrologic Engineering*, 12: 33-41.
- Hollis, G. E. 1975. The effect of urbanization on floods of different recurrence interval. *Water Resources Research*, 11: 431-435.
- Huang, S. Y., S. J. Cheng, J. C. Wen and J. H. Lee. 2012. Identifying hydrograph parameters and their relationship to urbanization variables. *Hydrological Sciences Journal*, 57:144-161.
- Kang, I. S., J. I. Park and V. P. Singh. 1998. Effect of urbanization on runoff characteristics of the On-Cheon Stream watershed in Pusan, Korea. *Hydrological Processes*, 12: 351-363.
- Kennedy, J. R., D. C. Goodrich and C. L. Unkrich. 2013. Using the KINEROS2 modeling framework to evaluate the increase in storm runoff from residential development in a semiarid environment. *Journal of Hydrologic Engineering*, 18: 698-706.
- Nash, J.E. 1957. The form of the instantaneous unit hydrograph. *Hydrology Sciences Bulletin*, 3: 114-121.
- Nash, J. E. and J. V. Sutcliffe. 1970. River flow forecasting through conceptual models I: a discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10(3): 282-290.
- Nourani, V., V. P. Singh and H. Delafrouz. 2009. Three geomorphological rainfall-runoff models based on the linear reservoir concept. *Catena*, 76: 206-214.
- Ogden, F. L., N. R. Pradhan, C. W. Downer and J. A. Zahner. 2011. Relative importance of impervious area, drainage density, width function, and subsurface storm drainage on flood

runoff from an urbanized catchment. *Water Resources. Research*, 47, W12503. <http://dx.doi.org/10.1029/2011WR010550>.

Rwasoka, D. T., C. E. Madamombe, W. Gumindoga and A. T. Kabobah. 2014. Calibration, validation, parameter indentifiability and uncertainty analysis of a 2 – parameter parsimonious monthly rainfall-runoff model in two catchments in Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth*, 67: 36–46.

Shuster, W., J. Bonta, H. Thurston, E. Warnemuende and D. Smith. 2005. Impacts of impervious surface on watershed hydrology: A review. *Urban Water Journal*, 2(4): 263–275.

Singh, V. P. 1988. *Hydrologic Systems. Rainfall–Runoff Modeling*, vol. I. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

Smith, J. A., M. L. Baeck, K. L. Meierdiercks, P. A. Nelson, A. J. Miller and E. J. Holland. 2005. Field studies of the storm event hydrologic response in an urbanizing watershed. *Water Resources Research*, 41, W10413.

U.S. Dept. of Agriculture (USDA). 1986. *Urban hydrology for small watersheds: Technical Release 55*, Washington, DC.

Vos, N. J., T. H. M. Rientjes, and H. V. Gupta. 2010. Diagnostic evaluation of conceptual rainfall–runoff models using temporal clustering. *Hydrological Processes*. 24: 2840–2850.

Wagener T. 2007. Can we model the hydrological impacts of environmental change? *Hydrological Processes*. 21(23): 3233–3236.

## Investigation of land Use Effect on Nash Model Parameters

Ahmad Fakheri Fard<sup>1</sup>, Vahid Nourani<sup>2</sup>, Faegheh Niazi<sup>3</sup>

### Abstract

Flood forecasting is of great importance in hydrologic planning, hydraulic structure design, water resources management and flood control. Nash's Instantaneous Unit Hydrograph (IUH) is frequently used for simulating hydrological response in natural watersheds. Rapid development of urban areas affect the hydrologic process of the watershed by decrease in soil permeability, flood base flow, lag time and increase in flood volume, peak of the hydrograph, flood frequency and surface runoff. In this study the influence of land use like urbanization on the significant parameters of the Nash model have been investigated. These parameters calculated using three popular methods i.e. moment, root mean square error and random sampling data generation, in two sub-watersheds with different land uses in the city of Sierra Vista, Arizona. The results showed that in all three methods the lag time of the watershed, which is product of  $K$  by  $n$ , in natural watershed is greater than urban one, which means more storage in natural watershed. The median of three mentioned method in calibration events were used in remain events for verification. The results showed that all the three method have acceptable accuracy in hydrograph simulation. Some specific upper and lower percentile values of the median of the generated parameters (i.e. 10, 20, 30 and 40 %) were analyzed to future investigates the derived parameters. There is a wider range in parameter values in urban sub-watershed than the natural one in which the efficiency has an acceptable value. It might be due to less uncertainty in urban watersheds where runoff to rainfall ratios are much larger than in the natural sub-watershed.

**Key words:** land use, Nash model, parameter estimation, storage coefficient, urban watershed.

---

<sup>1</sup> - Professor, Department t of Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (Email: [fakheri@tabrizu.ac.ir](mailto:fakheri@tabrizu.ac.ir)) 09143135496

<sup>2</sup> - Professor, Department t of Water Resources Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (Email: [nourani@tabrizu.ac.ir](mailto:nourani@tabrizu.ac.ir)) 09144030332

<sup>3</sup> - M.Sc. of Water Resources Engineering, PhD student, Department t of Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Tehran, (Email: [fae\\_niazi@yahoo.com](mailto:fae_niazi@yahoo.com)) 09113928618 (Corresponding Author)