نشریه

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

سال هفتم- شماره ۲۱- تابستان ۱۳۹۲

Vol. 7, No. 21, Summer 2013

شبیه‌سازی فرآیند بارش- روان‌آب با بکارگیری شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و مدل HEC-HMS (مطالعه موردی حوزه آبخیز کسیلیان)

وحید غلامی[1] و زهرا درواری[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۷/۰۵ تاریخ پذیرش:۱۳۹۰/۰۹/۲۶

چکیده

برای شبیه سازی فرآیند بارش - روان‌آب در سطح حوزه آبخیز کسیلیان با مساحت حدود ٦٨ کیلومترمربع واقع در شمال ایران، مدل (HEC-HMS) و روش شبکه عصبی مصنوعی(ANN) بکار گرفته شد. شبکه عصبی دارای قابلیت بالایی برای برقراری ارتباط بین داده‌های ورودی و خروجی و مدل(HEC-HMS) دارای قابلیت بالایی در بهینه سازی آبنمود شبیه‌سازی شده می‌باشد. عامل هدر رفت اولیه خاک به عنوان یک معیار کمی در برگیرنده سه فاکتور اصلی توان تولید روان‌آب شامل: خاک، پوشش گیاهی و رطوبت پیشین خاک می باشد. در روش ارائه شده در پژوهش حاضر، پس از بهینه سازی هدر رفت اولیه در مدل (HEC-HMS)، این عامل در شبکه عصبی مصنوعی همراه با میزان بارش به صورت جزء به جزء (Incremental) به عنوان ورودی، برای شبیه سازی مقدار دبی یا روان‌آب وارد گشت. مقایسه نتایج حاصل از بکارگیری شبکه عصبی مصنوعی در دو حالت با بکارگیری هدر رفت اولیه بهینه سازی شده و بدون آن، حاکی از کارایی بالای این روش و تاثیر بسیار مطلوب این عامل در افزایش دقت شبیه سازی روان‌آب و آبنمود سیلاب تا حدود دو برابر برای برخی وقایع می باشد.

واژه‌های کلیدی: *حوضه کسیلیان، شبکه عصبی مصنوعی، شبیه‌سازی بارش- روان‌آب، هدر رفت اولیه و HEC-HMS.*

۱- نویسنده مسئول واستادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، گروه مرتع و آبخیزداریپست الکترونیک: Gholami.vahid@gmail .com
۲- کارشناس ارشد آبخیزداری، دانش آموخته دانشگاه مازندران
پست الکترونیک: Z.darvari@gmail.com

مقدمه

روشهای مختلفی برای برآورد دبی اوج و حجم سیلاب یک حوزه آبخیز ارائه شده است که هر یک از آنها دارای مزیت ها و محدودیتهای خاص خود می باشد. استون و همکاران [٤]، با بکارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل (HEC-HMS) یک مدل بارش - روان‌آب ارائه نمود و نتایج آن حاکی از قابلیت این روش در شبیه سازی آبنمود سیلاب یک حوزه آبخیز می باشد. از طرفی در دهه اخیر بکارگیری شبکه عصبی مصنوعی (ANN)[3] در شبیه سازی در زمینه های مختلف متداول شده و این روش نیز نتایج بسیار مناسبی را به همراه داشته است. پژوهش ویلبای و همکاران [٥]، جین و همکاران [٢]، کارایی شبکه عصبی مصنوعی را در شبیه سازی فرایند بارش - روان‌آب اثبات نموده است. از طرفی قابلیت های مدل ((HEC-HMS در بهینه سازی آبنمود، تجزیه و تحلیل سناریو های مختلف پس از ارائه ی مدل و شبیه سازی رفتار آب‌شناختی زیر حوضه ها توام با کل حوزه آبخیز، آن را نسبت به شبکه عصبی مصنوعی متمایز می کند. اما باید به دقت و قابلیت شبکه عصبی مصنوعی در شبیه سازی توجه داشت که این قابلیت اگر با تکنیک ها و روش های دیگر همراه گردد نتایج مطلوب تری به همراه خواهد داشت. پژوهش حاضر با هدف شبیه سازی فرآیند بارش - روان‌آب و آبنمود سیلاب با بکارگیری مدل (HEC-HMS) و شبکه عصبی مصنوعی(ANN) و ارزیابی کارایی روش مذکور در سطح حوزه آبخیز کسیلیان واقع در استان مازندران انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز کسیلیان به مساحتی حدود ٦٨ کیلومتر مربع در شمال ایران در محدوده طول شرقی ´١٨ ٥٣° تا ´٣٠ ٥٣° و عرض شمالی ´٥٨ ٣٥° تا ´٠٧ ٣٦° در شرق استان مازندران واقع شده است. اقلیم منطقه مورد مطالعه نیمه مرطوب سرد و بارندگی متوسط سالانه ٧٩١ میلیمتر می باشد. در این پژوهش استفاده تلفیقی قابلیت های (HEC-HMS) و شبکه عصبی مصنوعی برای شبیه سازی آبنمود سیلاب و میزان روان‌آب به منظور افزایش دقت شبیه سازی مد نظر قرار گرفت. هدر رفت اولیه[4] به عنوان یک ورودی در بر گیرنده ویژگی های پوشش گیاهی و کاربری اراضی، خاک و

3- Artificial Neural Network
4- Initial Lost

جدول ۱- عوامل ورودی شبکه عصبی برای شبیه سازی فرآیند بارش- روان‌آب (آبدهی)

۲٤ می ۱۹۹۱			٤ می ۱۹۹۳			
هدر رفت اولیه(mm)	بارش (mm)	دبی(s/m۳)	هدر رفت اولیه(mm)	بارش (mm)	دبی(s/m۳)	ساعت
–	–	–	۰	۰	۰/٤۷۵	۷
–	–	–	۰/۷	۰/۷	۰/٤۷۵	۸
–	–	–	۰/٤	۰/٤	۰/۵۲۵	۹
–	–	–	۱/۵	۱/۵	۰/٦	۱۰
–	–	–	۱/٦	۱/٦	۰/٦۷۵	۱۱
–	–	–	۰/۹	۰/۹	۰/۸۳۳	۱۲
۰	۰	۰/۳۲	۲	۲	۰/۹۹۸	۱۳
۰/٦۹۵	۰/٦۹۵	۰/۳۲	۱/٤	۱/٤	۱/۱٦۳	۱٤
۸/٤	۸/٤	۰/۳۲	۰/۸	۰/۸	۱/٦۱۵	۱۵
۲/۲	۵/۰٦	۰/٤٦	۰/۵	۰/۵	۱/۸۹۵	۱٦
۰	٤/٤	۳/۸	۰/۳	۰/۵	۲/۰٤۳	۱۷
۰	۲/۵۷۵	۱۰/٦۸	۰	۰/۲	۲/۰٤۳	۱۸
۰	۲/۳۵	۱۰/۳۵	۰	۰	۱/۹٦۵	۱۹
۰	۱/٤۵	۱۰/۰۱	۰	۰	۱/۸۹۵	۲۰
۰	۰	۹/۳۵	۰	۰	۱/۸۲۵	۲۱

رطوبت پیشین خاک برای شبیه سازی فرآیند بارش- روان‌آب انتخاب گردید. با بکارگیری نقشه های رقومی کاربری اراضی (سال ۱۳۷٤)، گروه هیدرولوژیک خاک و اطلاعات رطوبت پیشین خاک در محیط (GIS)[1] ، شماره منحنی[2] متوسط وزنی حوضه کسیلیان ۷۰/۷۱ برآورد شد. اما مقادیر هدر رفت اولیه حاصل از رابطه تجربی برای برخی از وقایع از مقدار کل بارش نیز بیشتر بود. بنابراین نیاز به بهینه سازی این عامل می بود. بنابراین مدل (HEC-HMS) برای شبیه سازی آبنمود سیلاب و سپس بهینه سازی عامل هدررفت اولیه ارائه شد. بدین منظور در ابتدا مدل فیزیکی حوزه آبخیز با بکارگیری الحاقیه (HEC-GeoHMS) و مدل ارتفاعی رقومی (DEM) [3] در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (ArcView) شبیه سازی شد. سپس مدل فیزیکی حوزه به محیط مدل (HEC-HMS) وارد و اطلاعات بارش ایستگاه باران سنجی ثبات سنگده و آبنمود سیلاب ایستگاه آب سنجی ولیک بن به کار گرفته شد.

1- Geographic Information System
2- Curve Number
3- Digital Elevation Model

برای شبیه سازی آبنمود سیلاب از روش (SCS[4])، برای برآورد ارتفاع روان‌آب از روش شماره منحنی و برای روندیابی در آبرا هه ها از روش (زمان پیمایش) Lag استفاده گردید. همچنین بارش به صورت جزء به جزء[5] با شدت یکنواخت در سطح حوضه شبیه سازی شد. بهینه سازی مدل با عامل هدر رفت اولیه و زمان تاخیر زیر حوضه ها (SCSLag) انجام گرفت. در این مطالعه ۹ واقعه سیلاب انتخاب گردید که ٦ واقعه برای ارائه ی مدل یا آموزش در شبکه عصبی و سه واقعه برای آزمون یا اعتبار یابی بکار گرفته شد. بهینه سازی هدر رفت اولیه ٦ واقعه بکار رفته برای آموزش در مدل (HMS) انجام گرفته و سپس متوسط هدر رفت اولیه شش واقعه، به عنوان هدررفت بهینه شده برای وقایع اعتبار یابی بکار رفت. لازم به ذکر است در مرحله اعتبار یابی در مدل (HMS) مقایسه آبنمودهای شبیه سازی شده و مشاهداتی مورد رضایت واقع نشده‌اند. لذا برای افزایش کارایی فرآیند شبیه سازی از مقادیر هدر رفت اولیه و میزان بارش به عنوان دو پارامتر ورودی در شبکه عصبی

4- Soil Conservation Service
5- Incremental

برای شبیه سازی مقدار روان‌آب یا آبنمود سیلاب استفاده گردید. میزان بارش و هدر رفت اولیه به صورت جزء به جزء در مقاطع زمانی نظیر جدول شماره (۱) اعمال شد. برای شبیه سازی فرآیند بارش- روان‌آب، شبکه پرسپترون تک لایه با الگوریتم پس انتشار خطا (BP)[1] برگزیده شد که در محیط نرم افزار (MATLAB) شاخه (Neural Network) اجرا گردید. برای تعیین ساختار بهینه شبکه عصبی از روش سعی و خطا، شبکه ای که کمترین میزان خطا و بیشترین ضریب همبستگی را دارد انتخاب گردید. شبکه (MLP[2]) با قانون آموزش پس انتشار خطا و با تکنیک یادگیری (GDX[3]) و (LM)[4]و(CG[5])، تعداد نرون(۲۰-۲) مورد بررسی قرار گرفته است. عملکرد شبکه از طریق پارامتر های مختلفی اندازه گیری شده است، از جمله:

- جذر میانگین مربع خطا (RMSE)[6]
- ضریب همبستگی بین خروجی های حقیقی ودلخواه (R)

نتایج

برای بهینه سازی عامل هدر رفت اولیه یک مدل بارش- روان‌آب برای حوزه آبخیز کسیلیان با بکارگیری مدل (HEC-HMS) ارائه شده که مقادیر اولیه بهینه سازی شده هدر رفت اولیه به عنوان پارمتر ورودی شبکه عصبی بکار گرفته شد. شبیه سازی مقادیر روان‌آب یا دبی با بکارگیری شبکه عصبی مصنوعی برای وقایع مختلف در دو حالت با بکارگیری هدر رفت اولیه و بدون این عامل انجام شده که مقایسه نتایج این دو حالت در اشکال شماره ۱ و۲ ارائه شده است که حاکی از تاثیر به سزای پارامتر هدر رفت اولیه در افزایش صحت و دقت شبیه سازی دارد.همچنین در مرحله آموزش همبستگی مقادیر دبی شبیه سازی شده و مقادیر مشاهداتی شش واقعه از مقدار ۰/۳۱ در حالت عدم بکارگیری هدر رفت اولیه بهینه سازی شده به مقدار ۰/۶۳ در حالت بکارگیری عامل هدررفت اولیه بهینه سازی شده افزایش یافت.

بحث و نتیجه‌گیری

مطابق نتایج پژوهش بکارگیری عامل هدررفت اولیه بهینه سازی شده به عنوان یک نمایانه کمی در برگیرنده ویژگی های پوشش گیاهی، خاک حوضه و رطوبت پیشین خاک تاثیر چشمگیری در افزایش دقت شبیه سازی و به ویژه افزایش دقت عامل دبی اوج سیلاب خواهد داشت. نتایج پژوهش نشان داد که بکارگیری عامل هدر رفت اولیه بهینه سازی شده حتی می تواند منجر به افزایش دقت شبیه سازی آبنمود سیلاب تا حدود دو برابرگردد. در روش حاضر، هدر رفت اولیه نیز همراه بارش به صورت جزء به جزء در مقاطع زمانی مختلف نظیر جدول شماره ۱ اعمال می شود. در واقع برای هر واقعه بارش در مقاطع زمانی مختلف مقدار بارش و هدر رفت اولیه به عنوان ورودی در نظر گرفته شده تا زمانی که مجموع مقدار بارش بیش از هدر رفت اولیه گردد و از آن پس هدر رفت اولیه به طور تقریب برابر صفر خواهد بود. ساجیکومار و همکاران [۳]، در اکثر موارد انطباق و قرابت زیادی بین آبنمود شبیه سازی شده و مشاهداتی مشاهده نمودند. اما بر اساس پژوهش های داوسون و همکاران [۱] اختلاف در برخی وقایع نیز در دبی اوج سیلاب مشاهده می شود.بنابراین این روش می تواند موجب افزایش کارایی شبکه عصبی درشبیه سازی دبی اوج، حجم روان‌آب و آبنمود سیلاب گردد و می توان روش حاضر را به عنوان ابزاری کارآمد برای شبیه سازی آبنمود سیلاب های گذشته که فاقد اطلاعات ثبت شده می باشند مورد استفاده قرار داد.

منابع

1-Dawson,C.W. 1998. An artificial neural network approach to rainfallrunoff modeling, Journal of Hydrological Sciences, 43(1) ,pp47-66.

2- Jain, A. Sudheer, K.P. and Srinivasulu .S. 2004. Identification of physical processes inherent in artificial neural network rainfall–runoff models, Journal of Hydrological Process. 118 (3) (2004),pp 571–581.

3-Sajikumar,N. and Thandaveswara, B.S. 1999. A nonlinear rainfall–runoff model using an artificial neural network, J. Hydrol. 216 (1999),pp 32–55.

4-Stone, B.S., Maidment, D., and Olivera, F. 2001. Geospatial Database And Preliminary Flood Hydrology Model For The Lower Colorado Basin, Center for Research in Water Resources (CRWR), 173P.

5-Wilby,R.L. Abrahart, R.J. and Dawson, C.W. 2003. Detection of conceptual model rainfall–runoff processes inside an artificial neural network, Hydrol. Sci. J. 48 (2) (2003),pp 163–181.

1- Bake Propagation
2- Multi-layer perceptron
3- Gradient Descent
4- Levenbrg Marquart
5- Conjugate Gradient
6- Root Mean Squared Error