کنگره استحصال آب و آبخیزداری
Water Harvesting and Watershed Management Congres
سومین همایش بین المللی سامانه های سطوح آبگیر باران
3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems
February 18-19, 2015 Birjand, Iran ۲۹ و ۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۳ بیرجند

کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در شبیه سازی و پیش بینی سیلاب

(مطالعه موردی : حوضه آبخیز شهری جغتای)

شیما ترحمی[۱] ، محمدرضا خالقی[۲] ، سیدهاشم حسینی[۳]

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تربت جام، گروه مهندسی آبخیزداری، تربت جام، ایران

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تربت جام، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، تربت جام، ایران

۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تربت جام، گروه مهندسی آبخیزداری، تربت جام، ایران

چکیده

در این پژوهش از شبکه‌های عصبی مصنوعی(Artificial Neural Networks) به عنوان ابزاری توانمند در مدلسازی فرایندهای غیرخطی و نامعین به منظور پیش بینی دبی سیلاب در ایستگاه‌های سینوپتیک،کلیماتولوژی و هیدرومتری اطراف حوضه آبخیز شهری جغتای که حداقل ۲۷ سال آمار روزانه داشتند استفاده شد. داده‌های مساحت، محیط، ارتفاع متوسط، شیب متوسط حوضه، طول ابراهه اصلی، طول حوضه، تراکم زهکشی، زمان تمرکز، ضریب گراویلیوس و متوسط بارندگی سالیانه و ۲۴ ساعته بعنوان ورودی مدل استفاده شد. در این مطالعه ۷۰٪ داده‌ها برای آموزش مدلها(training) و ۳۰٪ باقی مانده برای آزمایش آنها(testing) بکار رفته است. سپس مقدار برآورد شده با روش رگرسیون چند متغیره مقایسه گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مدل شبکه عصبی با ضریب همبستگی (r^2=۰.۹۸) در سطح معنی داری ۵ درصد و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) ۰/۰۲ در مرحله آموزش و ۰/۰۵در مرحله آزمایش از دقت بالایی نسبت به روش رگرسیونی برخوردار بوده و در نتیجه در مدلسازی سیلاب روش شبکه عصبی مصنوعی بر روش رگرسیون چندمتغیره ارجحیت دارد و پارامترهای مساحت، زمان تمرکز، طول آبراهه اصلی و ضریب گراویلیوس به ترتیب بیشترین نقش را در پیش بینی دبی سیلاب حوضه آبخیز شهری جغتای داشته اند و می‌توان با دقت بالای ۹۵ درصد دبی سیلاب این حوضه را پیش بینی نمود.

واژه‌های کلیدی: دبی پیک لحظه ای، ریشه حداقل میانگین مربعات خطا (RMSE)، شبکه عصبی مصنوعی، ضریب همبستگی.

Application of the Artificial Neural Network to Simulate and Predict Floods (Case Study: Urban Watershed of Joghatay)

Shima Trahomi[1], Mohammad Reza Khaleghi[*2], Seyed Hashem Hosieni[3]

1- 3-Islamic Azad University of Torbatejam, Watershed Engineering, Torbatejam, Iran
2- Islamic Azad University of Torbatejam, Young Researchers and scholars, Torbatejam, Iran

Abstract

In this study, Artificial Neural Networks as a capable tool was used for modeling nonlinear and uncertain processes in order to predict flood discharge at synoptic, climatologic and hydrometric stations of joghatay which had 27 years daily data. The area data, perimeter, average height, the average slope of basin, main channel length, basin length, drainage density, concentration time, Gravelious coefficient and the mean annual and 24th hour rainfall were used as input model. Approximately 70% of data for training and 30% for testing were used in the models. Then, the estimate amount was compared using multivariate regression. The results show that the neural network model is significant with (r^2 =۰.۹۸)coefficient in 5% level and root mean square error (RMSE) in training level and in in testing level were 0.02 and 0.05 respectively which had the high precision than the regression method. Thus, in flood modelling the artificial neural network excels the multivariate regression model and the area, concentration time, main channel length and Gravelious coefficient had the highest role in predicting flood in Joghatay watershed respectively and they can predict the flood discharge with high precision of 95%.

Keywords: Instantaneous peak discharge, root mean square error (RMSE), artificial neural network, coefficient.

الف-مقدمه

هر جریان سطحی آب صرف نظر از عامل ایجاد کننده‌ی آن در صورتی سیلاب تلقی می‌شود که جریان آب در مقطع رودخانه بیش از جریان عادی باشد تداوم زمانی آن محدود بوده جریان آب از بستر طبیعی تجاوز کند اراضی پست و حاشیه رود را فرا گیرد و خسارات جانی و مالی به همراه داشته باشد(محمدپور و سبزواری.۱۳۸۶) لذا پژوهش در خصوص ویژگیهای این پدیده طبیعی از اهمیت وافری برخوردار است.

از پارامترهای مهم در معرفی سیلاب‌ها حداکثر دبی با دوره برگشت‌های مختلف می‌باشدکه همیشه در طراحی سازه‌های آبی تخمین مناسبی از ان مورد نیاز بوده و از نظر اقتصادی نقش تعیین کننده ای در محاسبه حجم عملیات سازه‌ای ایفا می کند. (شفیعی و همکاران.۱۳۸۵) تحلیل منطقه‌ای سیلاب با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی و تعیین روابط

[*] Corresponding Author's E-mail (drmrkhaleghi@gmail.com)

رگرسیون بین دبی جریان سیلابی و ویژگی‌های فیزیوگرافی و اقلیمی حوضه در هر منطقه، از روش‌های آسان و قابل اعتماد در برآورد دبی جریان‌های سیلابی است.

در تحقیقی که توسط داوسون و همکاران(۲۰۰۶) در یکی از حوضه آبریز کشور ایرلند انجام گرفته، با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و خصوصیات ژئومورفولوژیکی زیرحوضه‌ها اقدام به برآورد دبی سیلاب برای دوره‌های بازگشت ۱۰و۲۰ و ۳۰ ساله و همچنین سیلاب شاخص گردید. نتایج مدل شبکه عصبی با روش‌های تجربی برآورد سیلاب مقایسه شد. نتایج این تحقیق نشان داد که مدل شبکه عصبی بر مدل‌های رگرسیون چند متغیره ارجحیت داشته و فاکتورهای ژئومورفولوژیکی اثر قابل توجهی در نتایج مدل دارند.

خوشحال دستجردی و حسینی (۱۳۸۹) از شبکه عصبی مصنوعی در شبیه سازی عناصر اقلیمی و پیش بینی سیکل خشکسالی استان اصفهان استفاده نمودند. سلیمی کوچی و قوهستانی(۱۳۹۰) کاربرد تکنیک شبکه عصبی مصنوعی در براورد دبی پیک سیلابی را بیان نمودند. حسنی و همکاران(۱۳۹۰) مدل شبکه عصبی مصنوعی، رگرسیون چند متغیره و IHACRES برای شبیه سازی جریان ورودی به مخزن سد شاهچراغی در شرایط تغییر اقلیم را مقایسه کردند.شادمانی (۱۳۹۰) دبی سیلابی در استان همدان با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی را مدلسازی منطقه ای نمودند.

نگارش و همکاران (۱۳۹۱) شبیه سازی و پیش بینی سیلاب در حوضه آبریز سرباز استان سیستان و بلوچستان را به کمک شبکه عصبی مصنوعی انجام دادند.

پناهی و علیجانی (۱۳۹۲) دبی اوج سیلابی با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره حوضه ابریز مادرسو استان گلستان را پیش بینی نمودند.

رهنما(۲۰۰۳) پیشبینی سیلاب حوضه آبریز قرهآغاج را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی مورد بررسی قرار داد. معماری شبکه عصبی با یک، دو و سه لایه پنهان با ترکیب های مختلف از عناصر پردازش در هر لایه آزمون شده و بهترین ساختار شبکه برای پیشبینی دبی با گام زمانی یک ساعته، مدلی با چهار عنصر پردازش در یک لایه پنهان بود.

رضایی و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از خصوصیات فیزیوگرافی حوضه های آبریز سفیدرود و بارندگی‌های یک و پنج روزه ماقبل سیل نظیر، اقدام به مدل سازی منطقه ای دبی اوج نمودند. در تحقیق مذکور، شبکه مطلوب از نوع پیشخور و با دو

لایه پنهان بود. همچنین این نتایج بیانگر ارجحیت کامل مدل شبکه عصبی مصنوعی بر روش های سنتی(رگرسیون چند متغیره خطی) بوده ، که ضرورت استفاده از آن را در مدل سازی روابط بارش-رواناب الزامی می‌سازد.

این مقاله کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در براورد حداکثر سیل در حوزه شهری جغتای با توجه به عوامل فیزیوگرافی و اقلیمی بررسی و ارزیابی کرده است.

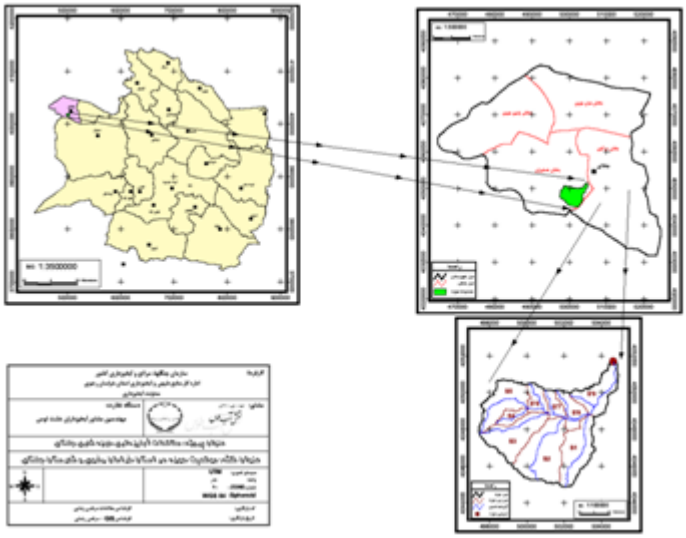
ب-مواد و روشها

۱- منطقه مورد مطالعه

محدوده‌های مطالعاتی شامل زیر حوزه‌های موجود در حوزه آبخیز شهری جغتای می‌باشند که در جنوب و جنوب شرقی شهرستان جغتای واقع شده است. در داخل حوزه شهری جغتای، روستایی واقع نگردیده است اما روستاهای زمند و گفت از روستاهای مهم خارج از حوزه می‌باشند.(شکل ۱) وسعت حوزه شهری جغتای ۲۸/۹۱ کیلومتر مربع می‌باشد. حوزه شهری جغتای شامل ۵ زیرحوزه هیدرولوژیک،۴ زیرحوزه غیرهیدرولوژیک و ۳ زیرحوزه تجمعی می‌باشد. ارتفاع متوسط حوزه شهری جغتای ۱۹۱۲ می‌باشد. مختصات جغرافیایی حوزه مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- موقعیت حوزه آبخیز شهری جغتای

	عرض جغرافیایی (Y)	طول جغرافیایی (X)
موقعیت به سیستم تصویر (UTM)	۴۰۴۴۸۶۷	۴۹۷۴۲۹
	۴۰۵۱۶۸۸	۵۰۴۹۱۳
موقعیت به Lat/lon	۳۶ ۳۲ ۵۷	۵۶ ۵۸ ۱۷
	۳۶ ۳۶ ۳۸	۵۷ ۰۳ ۱۸



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه در استان خراسان رضوی

۲- امار و اطلاعات

از خصوصیات فیزیوگرافی حوضه ها ۹ عامل مهم مساحت، محیط، ارتفاع متوسط، شیب متوسط حوضه، طول ابراهه اصلی، طول حوضه، تراکم زهکشی، زمان تمرکز، ضریب گراویلیوس و همچنین پارامترهای اقلیمی مقادیر متوسط بارندگی سالانه و ۲۴ ساعته انتخاب شده است و در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- خصوصیات فیزیوگرافی و اقلیمی حوضه شهری جغتای

زیر حوزه ها	مساحت (کیلو متر مربع)	محیط(KM)	شیب متوسط (درصد)	تراکم زهکشی	ارتفاع متوسط (متر)	طول ابراهه اصلی (کیلومتر)	طول حوزه	ضریب گراولیوس	زمان تمرکز (ساعت)	حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته	بارندگی سالیانه (میلیمتر)
S1	4.56	10.65	40.97	10.81	1875.1	4.56	4.13	1.41	0.45	32.9	325
S2	6.58	11.47	47.79	10.65	1989.3	4.61	3.9	1.26	0.44	34.4	346
S3	4.77	10.65	51.37	14.06	2025.7	4.04	3.82	1.38	0.39	34.8	353
S4	0.97	4.84	50.64	18.89	1924.6	2.18	1.91	1.39	0.25	33.5	334
S5	4.07	10.5	53.22	16.46	1990.4	4.11	2.92	1.47	0.42	34.4	346
S'6	1.42	5.41	37.11	12.9	1899.8	2.23	1.89	1.28	0.55	33.2	330
S'7	1.16	5.27	41.88	12.44	1842.3	2.27	1.95	1.38	0.55	32.5	320
S'8	1.94	7.09	49.42	12.89	1797.9	3	2.19	1.43	0.55	31.9	311
S'9	3.43	9.48	34.87	10.84	1654.5	4.58	3.17	1.44	0.55	30.1	285
SO1	6.46	12.13	50.99	16.04	1960.5	5.24	3.81	1.35	0.54	34	341
SO2	12.39	16.1	50.28	14.94	1974.4	6.33	4.76	1.29	0.64	34.2	343
SO3	20.92	20.51	49.42	13.4	1962.7	7.68	5.97	1.26	0.77	34	341
so4	28.91	26.69	46.36	12.55	1912.2	11.24	8.2	1.4	1.12	33.4	332

۳- مدلهای شبکه عصبی مصنوعی

در این پژوهش شبکه عصبی مورد نظر با استفاده از نرم افزار spss 22 ایجاد شد.پارامترهای بررسی شده شامل مساحت،محیط،ارتفاع متوسط، شیب متوسط حوضه،طول ابراهه اصلی، طول حوضه، تراکم زهکشی، زمان تمرکز، ضریب گراویلیوس و مقادیر متوسط بارندگی سالانه وبارندگی ۲۴ ساعته بودند. مدل مورد استفاده مدل پرسپترون چند لایه (multi-layer perceptron = MLP) بود.

۴- مدلهای رگرسیونی برای تخمین سیلاب

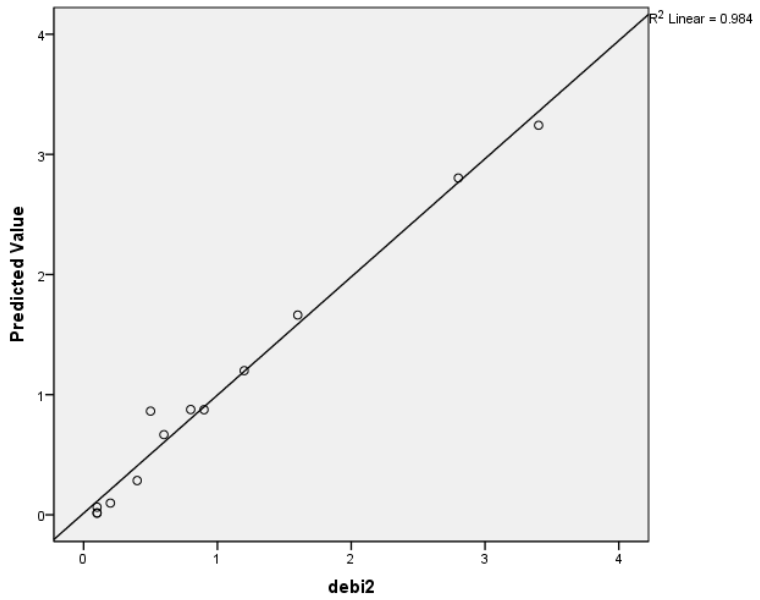
با پارامترهای مشابه پارامترهای شبکه عصبی مصنوعی روابط رگرسیونی بین این پارامترها برای دوره برگشت مورد نظر استخراج شد.دقت روابط استخراج شده رگرسیونی در مقایسه با مدلهای شبکه عصبی مصنوعی کمتر بود.ضریب R^2 برای بهترین رابطه رگرسیونی که از متغیرهای مساحت،محیط،ارتفاع متوسط، شیب متوسط حوضه، طول ابراهه اصلی، طول حوضه، تراکم زهکشی،زمان تمرکز، ضریب گراویلیوس و مقادیر متوسط بارندگی سالانه وبارندگی ۲۴ ساعته تشکیل شده بود برای دوره برگشت ۲ سال ۰/۹۲ محاسبه شد.

ج-بحث و نتیجه گیری

طراحی یک شبکه عصبی مصنوعی شامل انتخاب تعداد لایه‌های پنهان و عناصر پردازنده برای لایه‌های پنهان است که یک فرایند سعی و خطا جهت کسب بهترین نتیجه ممکن برای تولید خروجی می باشد.(البرزی.۱۳۸۱). در این پژوهش پارامترهای مساحت، محیط، ارتفاع متوسط، شیب متوسط حوضه، طول ابراهه اصلی، طول حوضه، تراکم زهکشی، زمان تمرکز، ضریب گراویلیوس و مقادیر متوسط بارندگی سالانه وبارندگی ۲۴ ساعته حوضه به عنوان ورودی در شبکه مورد بررسی قرار گرفت پارامتر خروجی در شبکه میزان سیلاب با دوره بازگشت ۲ سال بود. بهترین نتایج بدست آمده برای شبکه عصبی مصنوعی در جدول ۳ ارائه شده است. شبکه MLP شامل یک لایه پنهان با ۶ عنصر پردازنده بود ضریب همبستگی بدست امده برابر R^2=0.98 و جذر میانگین مربعات خطا برابر RMSE=0.02 در مرحله اموزش و ۰/۰۵ در مرحله ازمایش بود.

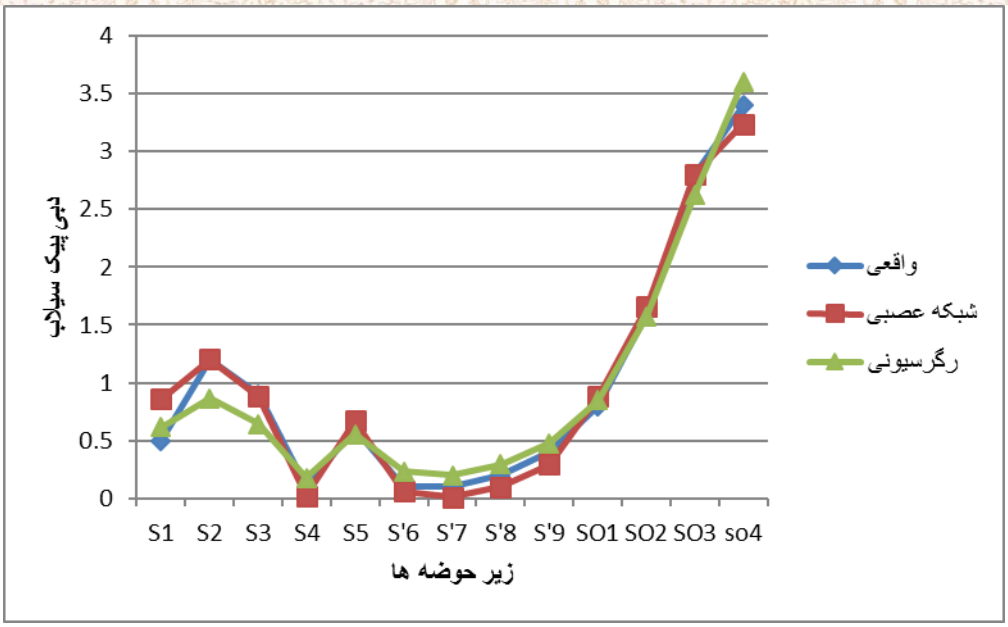
جدول ۳- مقایسه مدل‌های مختلف در تخمین سیلاب با دوره برگشت ۲ سال

رگرسیون	مرحله شبکه	ازمایش	مرحله شبکه	اموزش	R^2	تابع انتقال	تعداد نرونها	نسبت داده ها	نوع شبکه	نام حوضه
	MAE	RMSE	MAE	RMSE						
۰.۹۲	۰/۲۲۵	۰/۰۵۱	۰/۰۰۶	۰/۰۲۲	۰/۹۸	تانژانت هایپربولیک	۱۸	۷۰ به ۳۰	MLP	شهری جغتای



شکل ۲ - همبستگی مقادیر سیلاب تخمینی با روش شبکه عصبی و مشاهده شده با دوره بازگشت ۲ سال حوزه جغتای

به منظور مقایسه دو روش رگرسیونی و شبکه عصبی مصنوعی نتایج در شکل ۳ برای کل زیرحوضه ها برای بهترین حالت شبکه عصبی مصنوعی و مدل رگرسیون با داده های واقعی برای دوره برگشت ۲ سال ارائه شد.



شکل ۳- سیلاب واقعی و تخمین زده شده با شبکه عصبی مصنوعی(مدلMLP) و مدل رگرسیونی

جدول ۴- مدل برگزیده رگرسیونی

حوزه شهری جغتای	**Debi2= .548 + .246 Lh + .090 A + .025 Sh -1.525 G**

طول حوزه Lh – مساحت A –شیب متوسط حوزه Sh - ضریب گراویلیوس G - دبی با دوره بازگشت دو سالDebi2

جدول ۵- تخمین دبی با دوره برگشتهای مختلف با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی حوضه شهری جغتای

نام زیرحوضه	۲ سال	۵ سال	۱۰ سال	۲۵ سال	۵۰ سال	۱۰۰ سال
S1	0.55	1.58	2.56	4.18	6.07	8.68
S2	1.08	2.83	4.27	6.88	10.02	13.98
S3	0.91	2.12	3.19	5.26	7.51	10.47
S4	0.08	0.50	0.68	1.04	1.49	2.03
S5	0.55	1.58	2.39	3.91	5.71	8.05
S'6	0.15	0.59	0.86	1.40	1.94	2.74
S'7	0.1	0.50	0.68	1.13	1.58	2.30
S'8	0.21	0.77	1.13	1.85	2.65	3.82
S'9	0.37	1.22	1.85	3.10	4.36	6.25
SO1	0.91	2.21	3.55	5.80	8.23	11.91
SO2	1.64	4.36	6.97	11.46	16.13	23.14
SO3	2.77	7.15	11.55	19.28	27.01	38.06
so4	3.4	8.68	14.34	24.58	35.09	48.75

بیشترین تاثیر مثبت در مدلهای شبکه عصبی و رگرسیونی را متغیر A (مساحت) بر روی دبی پیک سیلاب دارد.بطور کلی موثر ترین ورودی این مدلها **مساحت، زمان تمرکز، طول آبراهه اصلی و ضریب گراویلیوس** می‌باشد.

۵- منابع

محمدپور، رضا؛ تورج سبزواری (۱۳۸۶). پهنه بندی سیلاب با استفاده از سیستم ساماندهی جغرافیایی GIS (طرح مطالعاتی: قسمتی از رودخانه قره آغاج در استان فارس)، اولین همایش GIS شهری

شفیعی م و همکاران.۱۳۸۵.تحلیل منطقه ای سیلاب توسط شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) مطالعه موردی حوضه ماسال استان گیلان

خوشحال دستجردی ج ، حسینی م . ۱۳۸۹. "کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در شبیه سازی عناصر اقلیمی و پیش بینی سیکل خشکسالی مطالعه موردی : استان اصفهان". مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی . سال ۲۱ . شماره ۳ پاییز ۱۳۸۹. صص ۱۰۷-۱۲۰

سلیمی کوچی ج و قوهستانی س.۱۳۹۰. کاربرد تکنیک شبکه عصبی مصنوعی در براورد دبی پیک سیلابی.ششمین کنگره ملی مهندسی عمران

حسنی خ و همکاران . مقایسه مدل شبکه عصبی مصنوعی ، رگرسیون چند متغیره و IHACRES برای شبیه سازی جریان ورودی به مخزن سد شاهچراغی در شرایط تغییر اقلیم. یازدهمین سمینار سراسری ابیاری و کاهش تبخیر.۱۳۹۰

نگارش ح و همکاران.۱۳۹۱. کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در شبیه سازی و پیش بینی سیلاب در حوضه ابریز سرباز.مجله جغرافیا و توسعه ۳۱.تابستان ۱۳۹۲.ص ۱۵-۲۸

پناهی ع و علیجانی ب. ۱۳۹۲. پیش بینی دبی اوج سیلابی با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره مطالعه موردی حوضه ابریز مادرسو استان گلستان.جغرافیا(فصلنامه بین المللی انجمن جغرافیای ایران).سال یازدهم.شماره ۳۸.پاییز ۱۳۹۲

رهنما، محمدباقر؛ سید وحید حیات غیبی(۱۳۸۰) کاربرد شبکه های عصبی در تخمین سیلاب رودخانه مرگ کرمانشاه، کنفرانس بین المللی ساز ههای هیدرولیکی. دانشگاه باهنر کرمان.

رضائی، علی (۱۳۸۳). مدل سازی منطقه ای دبی‌های اوج زیرحوز ههای آبخیز سد سفیدرود با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی،رساله دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران.

شادمانی (۱۳۹۰) مدلسازی منطقه ای دبی سیلابی در استان همدان با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

C.W. Dawson, R.J. Abrahart, A.Y. Shamseldin, R.L. Wilby, Flood estimation at ungauged sites using artificial neural networks, Journal of Hydrology, Volume 319, Issues 1–4, 15 March 2006, Pages 391-409, ISSN 0022-1694, http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.07.032.