

پیش‌بینی ماهانه جریان با استفاده از ماشین بردار پشتیبان بر مبنای آنالیز مؤلفه اصلی

اشکان فرخ‌نیا^۱

مجید دهقانی^۲

امیر خاکپور^۳

روح‌اله نوری^۴

(دریافت ۸۸۷/۲۹ پذیرش ۸۹/۵/۲۰)

چکیده

هدف اصلی این تحقیق بررسی تأثیر انتخاب متغیرهای ورودی با استفاده از آنالیز مؤلفه اصلی (PCA) بر عملکرد مدل ماشین بردار پشتیبان (SVM) برای پیش‌بینی ماهانه دبی رودخانه بود. به این منظور ابتدا با استفاده از ۱۸ متغیر ورودی به مدل SVM، دبی جریان ماهانه پیش‌بینی شد. سپس با استفاده از PCA تعداد متغیرهای ورودی به مدل SVM از ۱۸ متغیر به ۵ مؤلفه کاهش یافت. در نهایت با استفاده از آماره توسعه یافته توسط نویسندگان مقاله، عملکرد مدل‌های ارائه شده (SVM و PCA-SVM) مورد ارزیابی قرار گرفت. یافته‌های این تحقیق نشان داد که پیش‌پردازش متغیرهای ورودی به مدل SVM با استفاده از PCA، بهبود عملکرد مدل SVM را به همراه داشته است.

واژه‌های کلیدی: ماشین بردار پشتیبان، آنالیز مؤلفه اصلی، جریان ماهانه

Monthly Stream Flow Prediction Using Support Vector Machine Based on Principal Component Analysis

Roohollah Noori¹

Amir Khakpour²

Majid Dehghani³

Ashkan Farokhnia⁴

(Received Oct. 21, 2009 Accepted Aug. 11, 2010)

Abstract

The main goal of this research is to evaluate the role of input selection by Principal Component Analysis (PCA) on Support Vector Machine (SVM) performance for monthly stream flow prediction. For this purpose, SVM is used to predict monthly flow as a function of 18 input variables. PCA is subsequently employed to reduce the number of input variables from 18 to 5 PCs which are finally fed into the SVM model. SVM and PCA-SVM models are evaluated in terms of their performance using a developed statistic by the authors. Findings show that preprocessing of input variables by PCA improved SVM performance.

Keywords: Support Vector Machine, Principal Component Analysis, Monthly Stream Flow.

1. Member of Water Research Institute, Ministry of Energy, Ph.D Student of Environmental Eng., Graduate Faculty of Environment, University of Tehran (Corresponding Author) (+98 21) 77000305 roohollahnoori@gmail.com
2. Management Director of CELCO, and Ph.D Student of Environmental Eng., Graduate Faculty of Environment, University of Tehran
3. Ph.D Student of Hydraulic Eng., Dept. of Eng., Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran
4. Member of Water Research Institute, Ministry of Energy, Ph.D. Student of Hydraulic Structure, College of Agriculture, Tarbiyat Modarres University, Tehran

- ۱- کارشناس مؤسسه تحقیقات آب و وزارت نیرو، دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست، دانشکده تحصیلات تکمیلی محیط زیست، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول) roohollahnoori@gmail.com (۰۲۱)۷۷۰۰۰۳۰۵
- ۲- مدیر عامل شرکت عمران زیست آزما (CELCO)، دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست، دانشکده تحصیلات تکمیلی محیط زیست، دانشگاه تهران
- ۳- دانشجوی دکتری مهندسی عمران آب، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران
- ۴- کارشناس مؤسسه تحقیقات آب و وزارت نیرو، دانشجوی دکتری سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۱- مقدمه

پیش‌بینی دبی جریان به‌عنوان یکی از مطرح‌ترین چالش‌های مدیریت منابع آب در دهه‌های اخیر بوده به‌طوری که محققان روش‌های متفاوتی را برای این امر در مقالات مختلف ارائه نموده و به‌کار گرفته‌اند. این روشها عمدتاً شامل تکنیک‌های رگرسیونی، مدل‌های مفهومی و روش‌های پیچیده‌تر بر پایه شبکه‌های عصبی مصنوعی، نروفازی و اخیراً مدل‌های ماشین بردار پشتیبان^۱ است [۷-۱]. در این مطالعه نقش پیش‌پردازش متغیرهای ورودی به مدل SVM به‌منظور پیش‌بینی ماهانه دبی جریان مورد بررسی قرار گرفت.

ساختار مدل SVM توسط وپنیک^۲ که یک ریاضیدان روسی در دهه ۱۹۶۰ بود، ارائه شد [۸]. مدل‌های SVM که بر پایه تئوری آموزش احتمال قرار دارند، یک کلاس جدید از مدل‌هایی هستند که به‌منظور طبقه‌بندی و پیش‌بینی در علوم مختلف استفاده می‌شوند. اخیراً این مدل‌ها در یک گستره وسیع از مسائل هیدرولوژیکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. آسفا و همکاران^۳ روش مناسبی برای پیش‌بینی دبی جریان فصلی و ساعتی با استفاده از مدل SVM ارائه نمودند. در تحقیق مذکور با استفاده از میزان آب معادل برف و حجم جریان در دوره‌های قبل، میزان حجم جریان برای مقیاس‌های زمانی شش ماهه و ۲۴ ساعته پیش‌بینی گردید که نتایج، رضایت‌بخش گزارش شد [۷]. یو و همکاران^۴ در مطالعه‌ای با استفاده از مدل SVM به پیش‌بینی سطح رقومی سیل در رودخانه لن-یانگ^۵ تایوان پرداختند. به‌منظور کالیبره کردن پارامترهای مدل، از روش بهینه‌سازی جستجوی شبکه^۶ استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل به‌خوبی سطح آب رودخانه را برای ۱ تا ۶ ساعت بعد پیش‌بینی می‌کند [۹]. در تحقیقی دیگر یو و لینگ^۷ از مدل SVM به‌منظور پیش‌بینی سری زمانی متغیرهای هیدرولوژیکی استفاده نمودند [۱۰].

به هر حال مشابه با هر مدل ریاضی و آماری، مدل‌های SVM نیز دارای معایبی هستند. وجود تعداد زیاد متغیر ورودی، اصلی‌ترین مشکل در توسعه این مدل‌هاست. تعداد زیاد متغیرهای ورودی ممکن است مانع یافتن مدل بهینه توسط SVM شود. راه‌های متعددی برای کاهش تعداد متغیرهای ورودی پیشنهاد شده است که از آن جمله می‌توان به روش آنالیز مؤلفه اصلی^۸ اشاره نمود

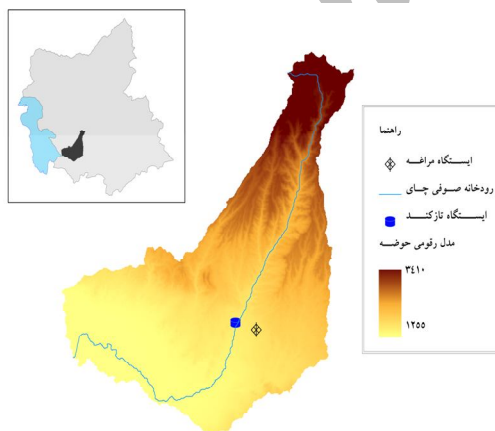
[۱۱ و ۱۲]. نوری و همکاران در تحقیقی به بررسی نقش PCA بر عملکرد شبکه عصبی مصنوعی^۹ برای پیش‌بینی جریان ماهانه پرداختند و بهبود عملکرد مدل ترکیبی PCA و ANN را گزارش نمودند [۱۳]. نوری و همکاران برای کاهش متغیرهای ورودی به مدل SVM در پیش‌بینی میزان زباله تولیدی در شهر مشهد از PCA استفاده نمودند و با مقایسه مدل ترکیبی PCA-SVM با مدل SVM برتری مدل PCA-SVM را نتیجه گرفتند [۱۴].

با توجه به مطالب مذکور، در این مقاله توسعه مدل SVM به‌منظور پیش‌بینی جریان ماهانه، انتخاب ورودی‌ها برای مدل SVM با استفاده از PCA و بررسی نقش پیش‌پردازش متغیرهای ورودی بر عملکرد مدل SVM مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روشها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

رودخانه صوفی‌چای از رودخانه‌های بزرگ حوزه آبریز دریاچه ارومیه است که ورودی اصلی به سد علویان را تشکیل می‌دهد. اطلاعات بارش، تابش خورشیدی و حداقل، حداکثر و میانگین دمای هوا از ایستگاه سینوپتیک مراغه و متوسط دبی رودخانه صوفی‌چای در محل ایستگاه هیدرومتری تازکند در بالادست سد علویان به مدت ۱۸ سال در مقیاس ماهانه (از اواسط سال ۱۳۶۲ تا اواخر ۱۳۸۳) در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. لذا در این مطالعه، اطلاعات ذکر شده هر کدام با سه تأخیر زمانی که مجموعاً ۱۸ متغیر را تشکیل می‌دهند، به‌عنوان گزینه‌های ورودی مدل‌ها برای پیش‌بینی دبی یک ماه بعد مدنظر قرار گرفتند. شکل ۱ موقعیت این حوزه آبریز و ایستگاه مربوطه را در استان آذربایجان شرقی نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاه مورد استفاده

^۹ Artificial Neural Network (ANN)

^۱ Support Vector Machine (SVM)

^۲ Vapnik.

^۳ Asefa et al.

^۴ Yu et al.

^۵ Lan-Yang

^۶ Grid Search

^۷ Liang

^۸ Principal Component Analysis (PCA)

۲-۲- آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA)

PCA از روشهای آماری چندمتغیره است که می‌توان از آن برای کاهش پیچیدگی تحلیل متغیرها و تفسیر بهتر اطلاعات در مواردی که با حجم زیادی از اطلاعات روبرو هستیم استفاده نمود [۱۵-۱۷]. با اعمال این روش، متغیرهای اولیه به مؤلفه‌های اصلی^۱ و مستقل از یکدیگر تبدیل می‌شوند. هر مؤلفه اصلی می‌تواند با دنباله زیر مشخص شود

$$Z_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ip}X_p \quad (1)$$

که در این رابطه

Z_i مؤلفه مورد نظر، a_{ij} ضرایب مربوط به متغیرهای اولیه و X_j نیز متغیر اولیه است. ضرایب مربوط به متغیرهای اولیه از حل معادله زیر به دست می‌آید [۱۸]

$$|R - \lambda I| = 0 \quad (2)$$

که در آن

I ماتریس واحد، R ماتریس همبستگی بین متغیرهای اولیه و λ مقادیر ویژه است. از این مقادیر ویژه، بردارهای ویژه به دست می‌آیند. جزئیات بیشتر در مورد PCA در منابع دیگر ارائه شده است [۱۹ و ۲۰ و ۲۱].

۳-۲- ماشین بردار پشتیبان

در مورد تئوری مدل‌های مطرح شده در این مقاله، تحقیقات زیادی انجام شده است [۲۲-۲۴]. لذا در این مقاله تنها به شرح خلاصه‌ای از مدل مورد استفاده SVM به نام ε -SVM پرداخته شد. در یک مدل رگرسیونی SVM لازم است وابستگی تابعی متغیر وابسته y به مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل x تخمین زده شود. فرض بر این است که مانند دیگر مسائل رگرسیونی، رابطه بین متغیرهای وابسته و مستقل توسط یک تابع معین f به علاوه یک مقدار اضافی نویز^۲ مشخص می‌شود

$$y = f(x) + \text{noise} \quad (3)$$

بنابراین موضوع اصلی پیدا کردن فرم تابع f است که بتواند به صورت صحیح، موارد جدیدی را که SVM تاکنون تجربه نکرده است پیش‌بینی کند. این تابع به وسیله آموزش مدل SVM بر روی یک مجموعه داده به عنوان مجموعه آموزش که شامل فرایندی به منظور بهینه‌سازی دائمی تابع خطا است، قابل دسترسی است. بر مبنای تعریف این تابع خطا، دو نمونه از مدل‌های SVM شناخته شده است که عبارتند از الف) مدل‌های رگرسیونی SVM نوع اول

که به مدل‌های SVM ν - مشهورند ب) مدل‌های رگرسیونی SVM نوع دوم که به مدل‌های ε -SVM مشهوراند. در این مطالعه مدل ε -SVM به دلیل کاربرد گسترده آن در مسائل رگرسیونی استفاده گردید. برای این مدل، تابع خطا به صورت زیر تعریف می‌شود

$$\frac{1}{2} w^T w + C \sum_{i=1}^N \xi_i + C \sum_{i=1}^N \xi_i^* \quad (4)$$

تابع خطای مذکور لازم است که با توجه به محدودیتهای زیر کمینه گردد

$$\begin{aligned} w^T \phi(x_i) + b - y_i &\leq \varepsilon + \xi_i^* \\ y_i - w^T \phi(x_i) - b &\leq \varepsilon + \xi_i \\ \xi_i, \xi_i^* &\geq 0, \quad i = 1, \dots, N \end{aligned} \quad (5)$$

که در این روابط

C ثابت گنجایش^۳، w بردار ضرایب، w^T ترانزپوز بردار ضرایب، ξ_i و ξ_i^* ضرایب کمبود^۴، b ضریبی ثابت، N الگوی آموزش مدل و ϕ تابع کرنل است. کرنل تابع پایه شعاعی^۵ به عنوان بهترین انتخاب از بین دیگر توابع کرنل گزارش شده است [۱۴، ۲۵ و ۲۶]. بنابراین در این تحقیق تابع مذکور که توسط γ در رابطه ۶ تعریف شده است، به کار گرفته شد

$$K(x_i, x) = \exp(-\gamma |x_i - x|^2) \quad (6)$$

با توجه به روابط ۴ تا ۶ لازم است برای پیش‌بینی دبی ماهانه توسط مدل SVM سه پارامتر γ ، ε و C بهینه شوند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- توسعه مدل SVM

برای مدل‌سازی جریان توسط مدل SVM با توجه به نوع تابع کرنل مورد استفاده در این تحقیق (تابع کرنل RBF) لازم است سه پارامتر C ، ε و γ بهینه شوند. برای بهینه‌سازی سه پارامتر مذکور از روش جستجوی شبکه استفاده شد [۲۷]. با روش بهینه‌سازی جستجوی شبکه، مقادیر C ، ε و γ به ترتیب ۳، ۰/۰۰۲ و ۴/۵ به دست آمد. همچنین برای ارزیابی نتایج مدل‌ها از سه آماره ضریب تعیین (R^2)، میانگین قدرمطلق خطا^۶ و جذر میانگین مربعات خطا^۷ استفاده شد که نتایج مراحل آموزش و آزمایش مدل SVM برای پیش‌بینی جریان ماهانه بر مبنای این سه آماره در جدول ۱ نشان

³ Capacity Constant

⁴ Slack Variables

⁵ Radial Base Function (RBF)

⁶ Mean Absolute Error (MAE)

⁷ Root Mean Square Error (RMSE)

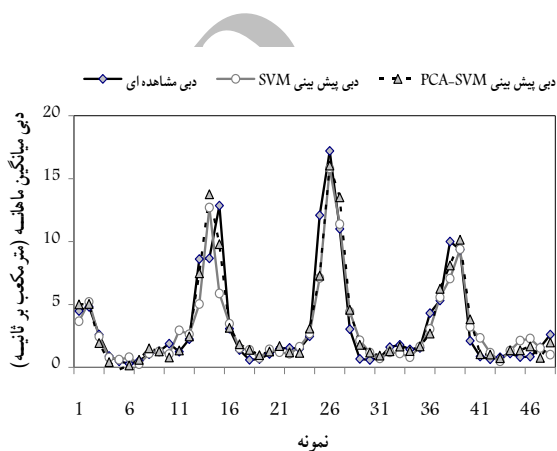
¹ Principal Components (PCs)

² Noise

داده شده است. نتایج مرحله آزمایش مدل منتخب SVM نیز در شکل ۲ آمده است.

جدول ۱- نتایج مراحل آموزش و آزمایش مدل‌های SVM، PCA-SVM

شاخص آماری	مرحله آموزش		مرحله آزمایش	
	PCA-SVM	SVM	PCA-SVM	SVM
R ²	۰/۹۲	۱	۰/۸۸	۰/۸۲
MAE	۰/۷۹	۰/۰۳	۰/۸۴	۰/۹۹
RMSE	۱/۴۲	۰/۰۴	۱/۳۶	۱/۶۹



شکل ۲- نتایج مرحله آزمایش مدل‌های SVM و PCA-SVM

۲-۳- توسعه مدل PCA-SVM

مقدار آماره $KMO = 0/694$ نیاز به استفاده از PCA بر روی متغیرهای ورودی را تأیید کرد [۱۷]. به منظور استفاده از PCA بعد از استانداردسازی متغیرهای ورودی، ماتریس متقارن همبستگی R از مرتبه ۱۸ تشکیل شد. پس از حل معادله ۲، ۱۸ مقدار ویژه و برای هر مقدار ویژه ۱۸ بردار ویژه به دست آمد. با استفاده از این مقادیر، ۱۸ مؤلفه اصلی از متغیرهای ورودی تشکیل شد. در این مقاله براساس توصیه نوری و همکاران در مورد ارزیابی پیش‌پردازش متغیرهای ورودی به ANN برای پیش‌بینی دبی جریان ماهانه با استفاده از PCA، پنج مؤلفه اول به عنوان ورودی به مدل SVM استفاده گردید [۱۳]. پس از آن همانند مرحله قبل، مدل SVM مناسب برای پیش‌بینی جریان توسعه داده شد. در این مرحله نیز مقادیر بهینه سه پارامتر C، E و γ به ترتیب معادل ۱/۶، ۰/۲۷ و ۳/۲ به دست آمد. نتایج مراحل آموزش و آزمایش این مدل (PCA-SVM) در جدول ۱ آمده است. مطابق جدول ۱ مشخص است که هر سه آماره مورد استفاده در مرحله آزمایش مدل‌ها برای

مدل PCA-SVM از عملکرد بهتری برخوردار است. همچنین در مدل PCA-SVM به جای ۱۸ ورودی تنها از ۵ مؤلفه به عنوان ورودی به مدل استفاده شده است که این واقعیت مزیت اصلی مدل PCA-SVM به شمار می‌رود. نتایج مرحله آزمایش مدل PCA-SVM در شکل ۲ آمده است.

۳-۳- آماره نسبت تفاوت توسعه یافته^۱ (DDR)

مطابق جدول ۱ مدل PCA-SVM نتایج بهتری نسبت به مدل SVM دارد و تمام شاخصهای آماری، نتایج بهتری را برای این مدل نشان می‌دهند. ذکر این نکته لازم است که آماره‌های R²، MAE و RMSE بیانگر معیار متوسطی از خطا در مدل بوده و از روی آنها نمی‌توان قضاوتی صحیح در مورد عملکرد مدل و نحوه توزیع خطا انجام داد. علاوه بر این مقادیر R² و RMSE به شدت تحت تأثیر تعداد الگوهای مورد استفاده و همچنین داده‌های پرت است. بنابراین معرفی آماره‌ای مناسب و استفاده از آن در کنار آماره‌های مذکور می‌تواند در تعیین مدل برتر کمک زیادی به محقق نماید. در این راستا و به منظور دستیابی به آماره‌ای مناسب به منظور بررسی عملکرد مدل، تلاشهای متعددی صورت گرفته است که از جمله می‌توان به آماره ارائه شده توسط جین و ایندروتی و همچنین نوری و همکاران اشاره نمود [۲۸-۳۱]. با توجه به مطالب مذکور در این قسمت از تحقیق برای ارزیابی بهتر این دو مدل از نسبت تفاوت آماری توسعه یافته DDR، استفاده شد (رابطه ۷). جزئیات بیشتر در مورد این آماره در مراجع مربوطه در دسترس است [۲۹-۳۱]

$$DDR = \left(\frac{\text{Predicted Value}}{\text{Observed Value}} \right) - 1 \quad (7)$$

مطابق رابطه ۷ اگر $DDR=0$ ، آنگاه مقادیر پیش‌بینی شده معادل مقادیر اندازه‌گیری شده می‌شود. اگر $DDR>0$ ، مقدار پیش‌بینی شده از مقدار مشاهداتی بیشتر و اگر $DDR<0$ ، مقدار پیش‌بینی شده از مقدار مشاهداتی کمتر می‌گردد. برای قضاوت بهتر در این مورد می‌توان تابع گوسی مقادیر DDR، را محاسبه و به صورت یک توزیع نرمال استاندارد رسم نمود. برای این منظور ابتدا لازم است مقادیر DDR استاندارد شده و سپس با استفاده از تابع گوسی مقادیر نرمال شده Q_{DDR} محاسبه گردد. توزیع نرمال استاندارد برای هر یک از مدل‌های SVM و PCA-SVM در شکل ۳ آمده است.

در شکل ۳ تمایل بیشتر گراف به خط مرکزی و بزرگ‌تر بودن مقدار ماکسیمم Q_{DDR} برای هر مدل نشان دهنده دقت بیشتر مدل

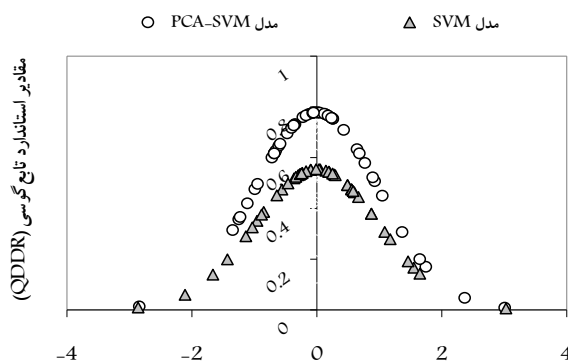
¹ Developed Discrepancy Ratio (DDR)

به نتایج به دست آمده در این تحقیق مدل PCA-SVM به عنوان بهترین مدل برای پیش‌بینی دبی ماهانه جریان انتخاب شد.

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق یک روش پیش‌پردازش داده‌های ورودی به مدل SVM یعنی آنالیز مؤلفه اصلی مورد استفاده قرار گرفت و تأثیر آن بر نتایج به دست آمده از مدل SVM بررسی شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که روش پیشنهادی می‌تواند عملکرد بهتر و دقیق‌تر مدل SVM را برای پیش‌بینی دبی ماهانه فراهم آورد. در حالت کلی از این تحقیق مطالب زیر نتیجه‌گیری می‌شود:

- ۱- پیش‌پردازش متغیرهای ورودی با استفاده از PCA تأثیر مثبتی بر عملکرد مدل SVM دارد.
- ۲- نسبت تفاوت آماری توسعه داده شده، یک شاخص آماری مناسب برای کنترل عملکرد مدل‌ها بوده و نتایج آن، هماهنگی مناسبی با دیگر آماره‌های مرسوم دارد.
- ۳- در نهایت پیش‌پردازش داده‌ها برای افزایش عملکرد مدل SVM به‌خصوص در مواردی که اطلاعات کافی در مورد متغیرهای ورودی وجود ندارد و تعداد ورودی‌ها زیاد نیست.



شکل ۳- نمودار توزیع نرمال استاندارد شده مقادیر DDR برای مدل‌های SVM و PCA-SVM

است. ماکسیمم مقدار Q_{DDR} برای مدل‌های SVM و PCA-SVM به ترتیب ۰/۵۵ و ۰/۷۸ است. با توجه به نتایج به دست آمده از این شکل واضح است که پیش‌پردازش متغیرهای ورودی با استفاده از PCA می‌تواند عملکرد مدل SVM را بهبود بخشد. بنابراین با توجه

۵- مراجع

- 1- Kuligowski, R., and Barros, A. P. (1998). "Localized precipitation forecasts from a numerical weather prediction model using artificial neural networks." *Weather and Forecasting*, 13 (40), 1195-1205.
- 2- Adeloye, A. J., and Munari, A. D. (2006). "Artificial neural network based generalized storage-yield-reliability models using the Levenberg-Marquardt algorithm." *J. of Hydrology*, 362 (1-4), 215-230.
- 3- Zhao, R. J. (1992). "The Xinanjiang model applied in China." *J. of Hydrology*, 135 (1-4), 371-381.
- 4- Jain, A., and Srinivasulu, S. (2006). "Integrated approach to model decomposed flow hydrograph using artificial neural network and conceptual techniques." *J. of Hydrology*, 317 (3-4), 291-306.
- 5- Xiong, L. H., Shamseldin, A. Y., and O'Connor, K. M. (2001). "A nonlinear combination of the forecasts of rainfall-runoff models by the first order Takagi-Sugeno fuzzy system." *J. of Hydrology*, 245 (1-4), 196-217.
- 6- Muller-Wohlfeil, D.I., Xu, C. Y., and Iversen, H. L. (2003). "Estimation of monthly river discharge from Danish catchments." *Nordic Hydrology*, 34 (4), 295-320.
- 7- Asefa, T., Kemblowski, M., McKee, M., and Khalil, A. (2005). "Multi-time scale stream flow predictions: The support vector machines approach." *J. of Hydrology*, 318 (1-4), 7-16.
- 8- Vapnik, V. N. (1995). *The nature of statistical learning theory*, 1st Ed., Springer-Verlag, New York.
- 9- Yu, P. S., Chen, S. T., and Chang, I. F. (2006). "Support vector regression for real-time flood stage forecasting." *J. of Hydrology*, 328 (3-4), 704-716.
- 10- Yu, X., and Liong, S. Y. (2006). "Forecasting of hydrologic time series with ridge regression in feature space." *J. of Hydrology*, 332 (3-4), 290-302.
- 11- Zhang, Y. X. (2007). "Artificial neural networks based on principal component analysis input selection for clinical pattern recognition analysis." *Talanta*, 73 (1), 68-75.
- 12- Zhang, Y., Li, H., Hou, A., and Havel, J. (2006). "Artificial neural networks based on principal component analysis input selection for quantification in overlapped capillary electrophoresis peaks." *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 82 (1-2), 165-175.

- 13- Noori, R., Farrokhnia, A., Morid, S., and Riyahi-Madvar, H. (2008). "Effect of input variables preprocessing in artificial network on monthly flow prediction by PCA and wavelet transformation." *J. of Water and Wastewater*, 69, 13-22. (in Persian)
- 14- Noori, R., Abdoli, M. A., Ameri A., and Jalili-Ghazizade, M. (2008). "Prediction of municipal solid waste generation with combination of support vector machine and principal component analysis: A case study of Mashhad." *Environmental Progress and Sustainable Energy*, 28 (2), 249-258.
- 15- Camdevyren, H., Demyr, N., Kanik, A., and Keskin, S. (2005). "Use of principal component scores in multiple linear regression models for prediction of Chlorophyll-a in reservoirs." *Ecol. Model*, 181 (4), 581-589.
- 16- Lu, W. Z., Wang, W. J., Wang, X. K., Xu, Z. B., and Leung, A. Y. T. (2003). "Using improved neural network to analyze RSP, NO_x and NO₂ levels in urban air in Mong Kok, Hong Kong." *Environmental Monitoring and Assessment*, 87 (3), 235-254.
- 17- Noori, R., Kerachian, R., Khodadadi, A., and Shakibinia, A. (2007). "Assessment of importance of water quality monitoring stations using principal component and factor analysis: A case study of the karoon river." *J. of Water and Wastewater*, 63, 60-69. (In Persian)
- 18- Manly, B. F. J. (1986). *Multivariate statistical methods: A primer*, 2nd Ed., Chapman and Hall, London.
- 19- Tabachnick, B. G., and Fidell, L. S. (2001). *Using multivariate statistics*, 3rd Ed., Allyn and Bacon, Boston, London.
- 20- Ouyang, Y. (2005). "Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis." *Water Research*, 39 (12), 2621-2635.
- 21- Noori, R., Ashrafi, Kh., and Ajdarpour, A. (2008). "Comparison of ANN and PCA based multivariate linear regression applied to predict the daily average concentration of Co: A case study of Tehran." *J. of Physics Earth Space*, 34 (1), 135-152.
- 22- Vapnik, V. N. (1998). *Statistical learning theory*, 1st Ed., Wiley, New York.
- 23- Cristianini, N., and Shawe-Taylor, J. (2000). *An introduction to support vector machines and other kernel-based learning methods*, 1st Ed., Cambridge University Press, Cambridge.
- 24- Chen, S. T., and Yu, P. S. (2007). "Real-time probabilistic forecasting of flood stages." *J. of Hydrology*, 340 (1-2), 63-77.
- 25- Noori, R., Karbassi, A., Farokhnia, A., and Dehghani, M. (2009). "Predicting the longitudinal dispersion coefficient using support vector machine and adaptive neuro-fuzzy inference system techniques." *Environmental Engineering Science*, 26 (10), 1503-1510.
- 26- Dibike, Y. B., Velickov, S., Solomatine, D. P., and Abbott, M. B. (2001). "Model induction with support vector machines: Introduction and applications." *J. of Computing in Civil Eng.*, 15 (3), 208-216.
- 27- Hsu, C. W., Chang, C. C., and Lin, C. J. (2003). "A practical guide to support vector classification." <<http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/papers/guide/guide.pdf>>, (4 Mar. 2009)
- 28- Jain, A., and Indurthy, S. K. V. P. (2003). "Comparative analysis of event based rainfall-runoff modeling techniques-deterministic, statistical, and artificial neural network." *J. of Hydrologic Engineering*, 8(2), 93-98.
- 29- Noori, R., Hoshiyaripour, G. A., Ashrafi, K., and Araabi, B. N. (2010). "Uncertainty analysis of developed ANN and ANFIS models in prediction of carbon monoxide daily concentration." *Atmospheric Environment*, 44 (4), 476-482.
- 30- Noori, R., Khakpour, A., Omidvar, B., and Farokhnia, A. (2010). "Comparison of ANN and principal component analysis multivariate linear regression models for predicting the river flow based on developed discrepancy ratio statistic." *Expert Systems with Applications*, 37 (8), 5856-5862.
- 31- Noori, R., Karbassi, A. R., Moghaddamnia, A., Han, D., Zokaei-Ashtiani, M. H., Forokhnia, A., and Ghafari-Goushesh, M. (2011). "Assessment of input variables determination on the SVM model performance using PCA, Gamma test, and forward selection techniques for monthly stream flow prediction." *J. of Hydrology*, (In Press).

نمایه

فهرست موضوعی مقالات چاپ شده در نشریه‌ی آب و فاضلاب از شماره ۷۳ تا ۷۶

مدیریت منابع آب

- محمد رضا پورطبری، م. مکنون، ر. عبادی، ت. "مدل بهینه‌سازی چند هدفه به منظور مدیریت بهره‌برداری تلفیقی با استفاده از الگوریتم‌های *NSGA-II* و *SGAs*"، ش. شصت و نه ص. ۲ تا ۱۲.
- صالح نیا، ن. انصاری، ح. فلاحی، م. ع. داوری، ک. "ارزیابی کشتش درآمدی و قیمتی تقاضای آب شرب شهری با استفاده از روش پولاک-والس"، ش. شصت و نه ص. ۳۴ تا ۴۴.
- صبحی، م. نوبخت، م. "برآورد تابع تقاضای آب شهر جدید پردیس"، ش. هفتاد ص. ۶۹ تا ۷۴.
- میرشاهی، ا. قائمی، آ. "اولویت‌بندی طرحهای توسعه منابع آب براساس نگرش سیستمی"، ش. هفتاد و یک ص. ۲ تا ۱۷.
- افشار، ع. سعادت‌پور، م. "تغذیه‌گرایی مخازن سدها: مدل‌سازی دو بعدی مخزن کرخه"، ش. هفتاد و یک ص. ۸۰ تا ۹۳.
- شهنواز، م. چرم، م. حسونی‌زاده، ه. شناخت و بهره‌وری رسوبات رودخانه کارون در کشاورزی با مطالعه خصوصیات فیزیکی-شیمیایی و غلظت عناصر سنگین در رسوبات"، ش. هفتاد و یک ص. ۹۴ تا ۹۸.
- محمد رضا پورطبری، م. مکنون، ر. عبادی، ت. "مدیریت بهره‌برداری تلفیقی تحت شرایط عدم دقت در پارامترهای آبخوان"، ش. هفتاد و دو ص. ۲ تا ۱۵.
- تابش، م. دینی، م. "پیش‌بینی تقاضای روزانه آب شهری با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، مطالعه موردی: شهر تهران"، ش. هفتاد و سه ص. ۸۴ تا ۹۵.
- شادی‌زاده، س. ر. زویداویان‌پور، م. "بررسی گسترش و تخمین مقدار نفت در آبهای زیرزمینی پالایشگاه آبادان"، ش. هفتاد و چهار ص. ۲۷ تا ۳۶.
- شهرکی، ف. ا. آغاسی، ع. و. شهرکی، ف. ا. زارعی، ع. ر. "ارزیابی پتانسیل و آنالیز حساسیت آسیب‌پذیری آب زیرزمینی دشت هشتگرد به روش دراستیک"، ش. هفتاد و چهار ص. ۶۱ تا ۷۰.
- موسوی، س. ن. محمدی، ح. بوستانی، ف. "برآورد تابع تقاضای آب خانوارهای شهری، مطالعه موردی، شهر مرودشت"، ش. هفتاد و چهار ص. ۹۰ تا ۹۴.
- خدابخشی، ب. جعفری، ح. ر. "کاربرد مدل تصمیم‌گیری چند معیاره *Electre-TRI* در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرحهای توسعه منابع آب، مطالعه موردی: سد و شبکه آبیاری-زهکشی اردبیل"، ش. هفتاد و پنج ص. ۶۴ تا ۷۴.
- علیمحمدی، س. حسین‌زاده، ح. "بهینه‌سازی بهره‌برداری تلفیقی از منابع آبهای سطحی و زیرزمینی حوضه آبریز رودخانه ابهر"، ش. هفتاد و پنج ص. ۷۵ تا ۸۷.
- رستگاری‌پور، ف. صبحی صابونی، م. "مدل بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخزن سد کارده با استفاده از برنامه‌ریزی تصادفی بازه‌ای چند مرحله‌ای"، ش. هفتاد و پنج ص. ۸۸ تا ۹۸.
- بازرگان لاری، م. ح. کراچیان، ر. صدقی، ح. فلاح‌نیا، م. عابد علم‌دوست، ا. نیکو، م. ح. "تدوین قوانین احتمالی برای بهره‌برداری بهینه تلفیقی کمی-کیفی از منابع آب سطحی و زیرزمینی در زمان واقعی: کاربرد ماشین‌های بردار پشتیبان"، ش. هفتاد و شش ص. ۵۴ تا ۶۹.

محمد رضا پورطبری، م. عبادی، ت. مکنون، ر. "ارائه مدل هوشمند تعیین رفتار تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی با لحاظ نمودن وضعیت دینامیکی سیستم آبخوان"، ش. هفتاد و شش ص. ۷۰ تا ۸۰

برهانی داریان، ع. ر. مرادی، ا. م. "الگوریتم مورچگان پیوسته در بهینه‌سازی بهره‌برداری از سیستم‌های چندمخزنی، مطالعه موردی: مخازن حوزه کرخه"، ش. هفتاد و شش ص. ۸۱ تا ۹۱

سلطانی گردفرامری، س. عابدی کوپایی، ج. "تخمین تغذیه آب زیرزمینی زیر حوضه کرون در منطقه اصفهان با استفاده از مدل CRD"، ش. هفتاد و شش ص. ۹۲ تا ۹۷

تصفیه و کیفیت آب

سعیدی، م. جمشیدی، ا. عابسی، ع. بیات، ج. "جذب کادمیم محلول از آب توسط زغال ساخته شده از پوست گردو و بادام و مقایسه آن با کربن فعال گرانولی"، ش. هفتاد و شش ص. ۱۶ تا ۲۲.

عبداله‌زاده، م. ترابیان، ع. حسینی، ا. ح. "مقایسه عملکرد پلی‌آلومینیوم کلراید (PACI) و فریک کلراید ($FeCl_3$) در حذف کدورت و مواد آلی منابع آب، مطالعه موردی: رودخانه کرخ، تصفیه‌خانه آب شماره ۲ تهران"، ش. هفتاد و شش ص. ۲۳ تا ۳۱.

الماسی، ع. رضایی، م. مسکینی، ح. "میزان توافق سه روش میکرب شناختی شمارش کلیفرم‌های مدفوعی در منابع آب"، ش. هفتاد و شش ص. ۷۵ تا ۷۹.

عسگری، ع. ر. ناصری، س. محوی، ا. ح. خیری، ا. قصری، آ. واعظی، ف. "کارایی براده آهن در حذف آرسنات و آرسنیت از آب آشامیدنی"، ش. هفتاد و یک ص. ۱۸ تا ۲۵.

رستمی، ک. محبوبی، ع. ا. مصدقی، م. ح. صفری سنجانی، ع. ا. "اثر نمکهای کربنات کلسیم و سولفات کلسیم بر جذب باکتری سودوموناس فلورسنس در جریان غیراشباع"، ش. هفتاد و یک ص. ۶۹ تا ۷۹.

خدادادی دربان، ا. شاهمنصوری، آ. گنجی دوست، ح. "بررسی کاهش غلظت متیل ترشیری بوتیل اتر (MTBE) از آب با روش فنتون و تعیین تغییرات ناشی از شرایط واکنش در تشکیل محصولات جانبی"، ش. هفتاد و دو ص. ۳۶ تا ۴۲.

صمدی، م. ت. سلیمی، م. ساقی، م. ح. "مقایسه کارایی حذف جیوه از آب آشامیدنی به وسیله ستون‌های آکنده کربن فعال با ژئولیت طبیعی کلینویتی لئولایت و آنتراسیت"، ش. هفتاد و دو ص. ۵۴ تا ۵۹.

محمدی، م. فتوت، ا. حق‌نیا، غ. ح. "بررسی امکان جذب فلزات سنگین فاضلاب صنعتی توسط شن، خاک و ماده آلی"، ش. هفتاد و دو ص. ۷۱ تا ۸۱.

حیدری، ا. یونسی، ح. ا. مهربان، ز. "حذف مخلوط یون‌های فلزی سرب، نیکل و کادمیم از محلولهای آبی با استفاده از جاذب نانوحفره MCM-41 اصلاح شده"، ش. هفتاد و سه ص. ۲۵ تا ۳۳.

واقعی، ر. گنجی دوست، ح. عظیمی، ع. ا. آیتی، ب. "تصفیه آبهای شرب آلوده به نیترات با استفاده از دنیتریفیکاسیون اتوتروفیک در بیوفیلتر هیدروژنی"، ش. هفتاد و سه ص. ۳۴ تا ۳۹.

معمارزاده، م. نجفی، پ. افیونی، م. "بررسی راندمان کانی گارنت در صافی سه لایه‌ای در حذف کدورت و موجودات بیولوژیکی در تصفیه‌خانه آب اصفهان"، ش. هفتاد و سه ص. ۷۶ تا ۸۳.

ریاحی، ف. "تصفیه محلولهای آبی آلوده به عناصر سرب، کروم و کادمیم با جاذبهای فسفاتی"، ش. هفتاد و چهار ص. ۴۶ تا ۵۱.

عابدی کوپایی، ج. قره‌شیلخو، ا. ح. خسروانی شیری، ز. "مطالعه تشابه و خوشه‌بندی آب زیرزمینی مصرفی فضای سبز شهر اصفهان و بررسی تغییرات کیفیت آن در یک دهه"، ش. هفتاد و چهار ص. ۹۵ تا ۱۰۰.

شامحمدی حیدری، ز. "حذف سرب از محلول آبی با استفاده از جاذبهای ارزان قیمت"، ش. هفتاد و چهار ص. ۴۵ تا ۵۰.

نیک‌آئین، م. پڑهان، ا. جلالی، م. حسن‌زاده، ا. "مقایسه روش سنجش آنزیمی با روش تخمیر چند لوله‌ای در ارزیابی کیفیت میکروبی آب رودخانه کارون"، ش. هفتاد و پنج ص. ۵۸ تا ۶۳

هاشمی، ح. مهدی‌امین، م. بینا، ب. عبدالهی، م. حاتم‌زاده، م. "گندزدایی آب تصفیه‌خانه آب و پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اصفهان با اشعه گاما"، ش. هفتاد و شش ص. ۲۸ تا ۳۲

محو، ا. ح. رحمانی‌بلداجی، م. دو برادران، س. "ارزیابی عملکرد رزین نانو ذرات آهن در کاهش فلوراید از آب"، ش. هفتاد و شش ص. ۳۳ تا ۳۷

تصفیه فاضلاب صنعتی

قنبریان، م. محوی، ا. ح. نبی‌زاده، ر. سعیدنیا، س. "رنگ‌بری و معدنی‌سازی رنگ‌زای راکتیو $RO16$ و پساب نساجی با فرایند نانوفتو کاتالیزی در مقیاس پایلوت"، ش. شصت و نه ص. ۴۵ تا ۵۱.

رحمانی، ع. ر. سمرقندی، م. ر. "کارایی روش الکتروکواگولاسیون در حذف رنگ اریو کروم بلاک تی از پساب"، ش. شصت و نه ص. ۵۲ تا ۵۸.

ملکی، ا. محوی، ا. ح. رضایی، ر. "مقایسه کارایی فرایندهای سونولیز، فتولیز و فتوسونولیز در تجزیه مواد آلی"، ش. هفتاد ص. ۴۱ تا ۴۷.

بهجت، ع. پارساییان، م. ر. انوری، ف. خیرخواه، م. تهامی، م. ر. "رنگ‌زدایی محلولهای آبی حاوی رنگهای راکتیو با استفاده از تابش باریکه الکترونی یونیزه کننده"، ش. هفتاد و یک ص. ۲۶ تا ۳۱.

حاجی‌آبادی، ه. علوی‌مقدم، س. م. ر. هاشمی، س. ح. "اثر پارآلی در تصفیه فاضلاب حاوی شیر به روش راکتور ناپیوسته متوالی"، ش. هفتاد و یک ص. ۵۰ تا ۵۶.

طلایی، ا. ر. طلایی، م. ر. جعفرزاده حقیقی‌فر، ن. "بهینه‌سازی حذف بیولوژیکی فاضلابهای حاوی گازوئیل شناور بر روی سطح آب به روش تاگوچی"، ش. هفتاد و یک ص. ۵۷ تا ۶۸.

موسوی، س. ع. محوی، ا. ح. مصداقی‌نیا، ع. ر. ناصری، س. هنری، ح. ر. "کارایی فرایند اکسیداسیون فنتون در کاهش آلودگی مواد شوینده از آب"، ش. هفتاد و دو ص. ۱۶ تا ۲۳.

جمشیدی، ن. ترابیان، ع. عظیمی، ع. ا. نبی‌بیدندی، غ. ر. جعفرزاده، م. ت. "بررسی حذف فنل از محلول آبی با استفاده از فناوری‌های اکسیداسیون فتوشیمیایی پیشرفته"، ش. هفتاد و دو ص. ۲۴ تا ۲۹.

شکوهی، ر. ابراهیم‌زاده، ل. رحمانی، ع. ر. ابراهیمی، س. ج. سمرقندی، م. ر. "مقایسه روشهای اکسیداسیون پیشرفته در تجزیه فنل در مقایسه آزمایشگاهی"، ش. هفتاد و دو ص. ۳۰ تا ۳۵.

هاشمی‌نژاد، ه. کریمی‌جشنی، ا. طالب‌بیدختی، ن. منجمی، پ. "بررسی آزمایشگاهی تأثیر pH ، دما و پراکسید هیدروژن بر حذف بنزین از آب توسط کربن فعال دانه‌ای"، ش. هفتاد و دو ص. ۴۳ تا ۵۳.

سعیدی، م. خلوتی‌فهلپانی، ا. "کاهش COD پساب خروجی پالایشگاه گازی پارس جنوبی به روش انعقاد الکتریکی"، ش. هفتاد و سه ص. ۴۰ تا ۴۸.

عالم‌زاده، ا. نجاتی، س. معتمد، س. "بررسی حذف فنل توسط پراکسیداز ترب کوهی تثبیت شده"، ش. هفتاد و چهار ص. ۲ تا ۹

هادوی‌فر، م. یونسی، ح. ا. زینتی‌زاده، ع. ا. "استفاده از ازن و کربن فعال گرانولی در تصفیه پساب صنایع الکل‌سازی"، ش. هفتاد و چهار ص. ۱۰ تا ۱۸

ترابیان، ع. ابطحی، م. امین، م. مومنی، س.ع. "عملکرد راکتور بافلدار بی‌هوای در حذف سولفات فاضلاب شهرک صنعتی امیرکبیر"، ش. هفتاد و چهار ص. ۱۹ تا ۲۶

موسوی علیانی، س.ح. آیتی، ب. گنجی دوست، ح. "بررسی کارایی سیستم دیسک‌های بیولوژیکی چرخان در حذف آنیلین"، ش. هفتاد و شش ص. ۲۰ تا ۲۷

تصفیه فاضلاب شهری

دباغ، ر. "کارایی پرتوهای فرابنفش در کاهش بار میکربی تصفیه‌خانه فاضلاب شهید محلاتی تهران"، ش. شصت و نه ص. ۵۹ تا ۶۶

رحمانی ثانی، ا. مهرداد، ن. عظیمی، ع. ا. ترابیان، ع. "بررسی عملکرد نيزارهای مصنوعی در جریان ناپيوسته برای تصفیه فاضلاب شهری"، ش. هفتاد ص. ۳۲ تا ۴۰

مذهب، س.ع. فلاح‌زاده، م. قانعان، م. ت. رحمانی شمسی، ج. "تأثیر تغییرات بار آلی، pH و EC فاضلاب ورودی و شرایط آب و هوایی بر کارایی برکه‌های تثبیت فاضلاب شهر یزد"، ش. هفتاد ص. ۵۵ تا ۶۱

حسین‌لو، ر. تائبی، ا. "کاربرد ضایعات طبیعی به منظور بهبود مشخصات ته‌نشین‌پذیری لجن فعال"، ش. هفتاد و یک ص. ۳۲ تا ۴۰

ذوقی، م. ج. ذوقی، ت. سعیدی، م. "پیش‌بینی غلظت آمونیوم و مواد آلی فاضلاب دفنگاه زباله با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی"، ش. هفتاد و چهار ص. ۵۲ تا ۶۰

کرمانی، م. بینا، ب. موحدیان، ح. امین، م. م. نیک‌آئین، م. "بررسی عملکرد و مدل‌سازی فرایند بیوفیلمی با بستر متحرک به منظور حذف ترکیبات مغذی از فاضلاب"، ش. هفتاد و پنج ص. ۹ تا ۱۹

کریمی، ع. ر. مهرداد، ن. هاشمیان، س. ج. نبی بیدهندی، غ. ر. توکلی مقدم، ر. "انتخاب فرایند بهینه تصفیه فاضلاب با استفاده از روش AHP"، ش. هفتاد و شش، ص. ۲ تا ۱۲

ندافی، ک. فضل‌زاده دوپل، م. محوی، ا. ح. یونسیان، م. نبی‌زاده، ر. مظلومی، س. "اندازه‌گیری غلظت سولفید هیدروژن و ظرفیت اکسیداسیون و احیا در خط اصلی انتقال فاضلاب شهری"، ش. هفتاد و شش ص. ۱۳ تا ۱۹

ابراهیمی، ا. احرامپوش، م. ح. سمایی، م. ر. غلمانی، س. و. طالبی، پ. دهقان، م. هنردوست، ع. شاهسونی، ا. "بررسی راندمان حذف آلکیل بنزن سولفات خطی (LAS) در برکه‌های تثبیت فاضلاب شهر یزد"، ش. هفتاد و شش ص. ۳۸ تا ۴۳

بیوتکنولوژی

یارقلی، ب. عظیمی، ع. ا. باغوند، ا. عباسی، ف. لیاقت، ع. م. اسداله فردی، غ. ر. "بررسی جذب و تجمع کادمیم در اندامهای مختلف محصولات غده‌ای در خاکهای آلوده"، ش. هفتاد و دو ص. ۶۰ تا ۷۰

صمدی، م. ت. خدادادی، م. رحمانی، ع. ر. رسانی، ع. ا. ساقی، م. ح. "مقایسه کارایی کاربرد همزمان UV/O₃ در حذف انواع سموم آفت‌کش ارگانوفسفره و کاربامات از محیط‌های آبی"، ش. هفتاد و سه ص. ۶۹ تا ۷۵

مختاریان، ن. طلائی، ا. ر. جعفرزاده، ن. ا. طلائی، م. ر. بهشتی، م. "بررسی کارایی میکروارگانیسم‌های خالص‌سازی شده از محیط‌های حاوی ترکیبات نفتی در تولید مواد زیست فعال سطحی"، ش. هفتاد و پنج ص. ۲۰ تا ۲۷

عابدی کوپایی، ج. موسوی، س. ف. معتمدی، آ. "بررسی تأثیر کاربرد زئولیت کلینوپتی‌لولایت در کاهش آبشویی کود اوره از خاک"، ش. هفتاد و پنج ص. ۵۱ تا ۵۷

هیدرولیک

- نوری، ر. فرخ‌نیا، ا. مرید، س. ریاحی‌مدوار، ح. "تأثیر پیش‌پردازش متغیرهای ورودی به شبکه عصبی برای پیش‌بینی جریان ماهانه با آنالیز مؤلفه‌های اصلی و موجک"، ش. شصت و نه ص. ۱۳ تا ۲۲.
- نیکو، م. ر. کراچیان، ر. "ارزیابی کارایی شبکه‌های بیزی در مدیریت کیفیت آب رودخانه: کاربرد سیستم نسبت-تجارت"، ش. شصت و نه ص. ۲۳ تا ۳۳.
- توفیق، م. ح. طباطبایی عقدا، س. ط. "پیش‌بینی نشست منطقه‌ای زمین به روش محاسبه برگشتی و تأثیر نشست بر شبکه فاضلاب"، ش. شصت و نه ص. ۶۷ تا ۷۲.
- اصغری‌مقدم، ا. نورانی، و. کرد، م. "استفاده از الگوریتم ژنتیک برای تخمین پارامترهای هیدرولیکی سفره آزاد"، ش. شصت و نه ص. ۷۳ تا ۷۹.
- تابش، م. جعفری، ه. دلاور، م. ر. "مدل مدیریت حوادث شبکه‌های توزیع آب با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)"، ش. هفتاد ص. ۲ تا ۱۵.
- کیبری، سامانی، ع. ر. "بررسی مشخصات نوسانی جریان تپشی دو فازی آب- هوا در مجاری تحت فشار"، ش. هفتاد ص. ۶۲ تا ۶۸.
- سلطانی‌مقدم، م. فغفور مغربی، م. "مدیریت هوشمند فشار به منظور کاهش نشت در شبکه‌های آبرسانی، مطالعه موردی: منطقه سرافرازان مشهد"، ش. هفتاد و یک ص. ۹۹ تا ۱۰۴.
- گیوه‌چی، م. فغفور مغربی، م. ابریشمی، ج. "کاربرد سرعت متوسط عمقی در تخمین ضریب پخش طولی آلودگی در رودخانه‌ها"، ش. هفتاد و دو ص. ۹۱ تا ۹۶.
- حسن‌زاده، ی. کی‌نژاد، م. ع. روشنگر، ک. اعلمی، م. ت. "ارائه مدل یک بعدی شبیه‌سازی جریان و رسوب، مطالعه موردی: رودخانه الندخوی"، ش. هفتاد و سه ص. ۴ تا ۱۴.
- اختری، ع. ا. ابریشمی، ج. "بررسی آزمایشگاهی تأثیر دیوارهای میانی غیرمستغرق در ناحیه جدایی آب در قوس‌های تند کانال‌های باز"، ش. هفتاد و سه ص. ۱۵ تا ۲۴.
- فغفور مغربی، م. گیوه‌چی، م. "تخمین سرعت متوسط عمقی و تنش برشی در کانال مثلثی باز"، ش. هفتاد و چهار ص. ۷۱ تا ۸۰.
- بغلانی، ع. ح. "کاربرد روش گرادیان تراز آب در روش تفکیک تفاضل بردار فلاکس در حل عددی معادلات آبهای کم عمق"، ش. هفتاد و چهار ص. ۸۱ تا ۸۹.
- اکبرزاده، ع. نوری، ر. فرخ‌نیا، ا. خاکپور، ا. سلمان صباحی، م. "تحلیل دقت و عدم قطعیت مدل‌های هوشمند در پیش‌بینی ضریب انتشار طولی رودخانه‌ها"، ش. هفتاد و پنج ص. ۹۹ تا ۱۰۷.
- نوری، ر. کرباسی، ع. ر. مهدیزاده، ح. "پیش‌بینی ضریب انتشار طولی در رودخانه‌های طبیعی با مدل توسعه یافته شبکه عصبی"، ش. هفتاد و شش ص. ۱۰۴ تا ۱۰۹.

تصفیه لجن و بیومس

- عبدلی، م. ع. عظیمی، ع. ا. عمرانی، ق. دادی، ا. روشنی، م. ر. "اثرات جامدات خشک و مواد حجم‌زا بر تثبیت لجن فعال شهری با کرم خاکی آیزنیا فتیدا"، ش. هفتاد و پنج ص. ۴۸ تا ۵۴.
- تکدستان، ا. عظیمی، ع. ا. ترابیان، ع. "بررسی ازن‌زنی متناوب در کاهش تولید لجن مازاد بیولوژیکی در راکتور ناپوسته متوالی (SBR)"، ش. هفتاد و یک ص. ۴۱ تا ۵۶.

- خردمند، س. کریمی جشنی، ا. منجمی، پ. "تصفیه بی‌هوازی شیرابه محل دفن زباله شهری مطالعه موردی: شیرابه زباله شهر شیراز"، ش. هفتاد و دو ص. ۸۲ تا ۹۰.
- شمس خرم‌آبادی، ق. ا. درویشی چشمه سلطانی، ر. جرفی، س. "جذب سطحی کادمیم توسط لجن مازاد فرایند لجن فعال فاضلاب شهری"، ش. هفتاد و سه ص. ۵۷ تا ۶۲.
- زوار موسوی، س. ح. ارجمندی، آ. "حذف فلزات سنگین از پسابهای صنعتی به وسیله ضایعات روده گوسفند"، ش. هفتاد و سه ص. ۶۳ تا ۶۸.
- شریفی حسینی، س. چرم، م. معتمدی، ح. کامرانفر، ا. "اثرات لجن فاضلاب بر زیست‌پالایی خاکهای آلوده به نفت خام"، ش. هفتاد و چهار ص. ۳۷ تا ۴۵.
- علیزاده شوشتری، ع. امین، م. م. نبی‌زاده نودهی، ر. جعفرزاده، ن. ا. قاسمیان، م. "عملکرد راکتور UASB در مقیاس پایلوت در تصفیه شیرابه زباله شهر گرمسیری اهواز"، ش. هفتاد و پنج ص. ۲ تا ۸.
- شیرانی، ح. حاج‌عباسی، م. ع. افیونی، م. دشتی، ح. "اثر تجمعی لجن فاضلاب بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک"، ش. هفتاد و پنج ص. ۲۸ تا ۳۶.
- مردانی، گ. صادقی، م. آهنکوب، م. "بررسی آلودگی خاکهای منطقه جنوب تهران در مسیر روانابهای سطحی به فلزات سنگین"، ش. هفتاد و پنج ص. ۱۰۸ تا ۱۱۳.
- شایگان، ج. صالح یوسف‌زاده، م. همتی، آ. "تئوری‌های مختلف گرانولاسیون لجن در شرایط بی‌هوازی"، ش. هفتاد و شش ص. ۴۴ تا ۵۳.
- شریفی، م. افیونی، م. خوشگفتار منش، ا. ح. "اثر کود گاوی، لجن فاضلاب و کلرید کادمیم بر جذب کادمیم در شاخساره ذرت"، ش. هفتاد و شش ص. ۹۸ تا ۱۰۳.