dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.39479

بررسی عوامل مؤثر بر قیمت پساب تخصیص داده شده به صنعت در استان اصفهان با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی

مسعود میرمحمد صادقی[۱]، بابک ابراهیمی[۲]، مینو نظیفی نایینی[۳]، شهرام نخعی[۴]

۱- دکترای مهندسی ژئوتکنیک، مدیرعامل شرکت آب منطقه‌ای اصفهان
۲- دکترای ژئومورفولوژی، مدیر دفتر برنامه‌ریزی و بررسی‌های اقتصادی شرکت آب منطقه‌ای اصفهان
۳- کارشناس بودجه و بررسی‌های اقتصادی شرکت آب منطقه‌ای اصفهان
(نویسنده مسئول) minoonazifi@yahoo.com
۴- رئیس گروه آبهای زیر زمینی شرکت آب منطقه‌ای اصفهان

(دریافت ۹۵/۷/۱ پذیرش ۹۵/۸/۱)

چکیده

استفاده از فاضلاب شهری تصفیه شده به عنوان یک منبع آب جایگزین، در اقصی نقاط دنیا افزایش یافته و شواهد نشانگر روند روز افزون استفاده از این منبع آب غیرمتعارف در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه است. قیمت‌گذاری مناسب بر پساب، یکی از مهم‌ترین ابزارهای موثر در مصرف بهینه این منبع آبی است. در این پژوهش با استفاده از مدل شبکه عصبی، عوامل موثر بر قیمت پساب تولیدی در محدوده اصفهان بررسی شد. عوامل موثر بر تعرفه پساب بسیار متنوع است. در این پژوهش اثر عواملی چون جمعیت تحت پوشش تاسیسات تصفیه فاضلاب، حجم پساب تولیدی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، هزینه‌های بازسازی و نگهداری تصفیه‌خانه‌های در حال بهره‌برداری، تراز ارتفاعی، مصارف مختلف آب در منطقه، کارمزد خدمات دفع فاضلاب صنعتی، هزینه تمام شده هر متر اجرا و اتصال لوله و حجم منابع آب تولیدی توسط قنوات و چشمه‌های منطقه بر قیمت پساب مورد بررسی قرار گرفت. مدل‌سازی شبکه عصبی به‌عنوان ابزاری برای شناسایی اهمیت این عوامل بر قیمت پساب به‌کار گرفته شد. باتوجه به داده‌های موجود و مدل‌های شبکه عصبی، اثر انواع معماری‌ها و ساختارها با تعداد لایه‌های میانی متفاوت و تعداد متفاوت گره‌های هر لایه بر داده‌های قیمت پساب، بررسی شد و مدل شبکه عصبی نهایی انتخاب شده است. نتایج نشان می‌دهد که شبکه عصبی از قدرت بالایی برخوردار است و به‌خوبی توانسته است اهمیت پارامترهای مختلف در قیمت‌گذاری پساب را تعیین کند. بر اساس نتایج این پژوهش عواملی چون هزینه تمام شده هر متر اجرا و اتصال لوله انتقال، مصرف آب در بخش صنعت و هزینه‌های بازسازی و نگهداری تصفیه‌خانه‌های در حال بهره برداری دارای بیشترین اهمیت در شاخص قیمت پساب است.

واژه‌های کلیدی: شبکه‌های عصبی، قیمت پساب، استفاده مجدد، اصفهان

۱- مقدمه

استفاده از فاضلاب شهری تصفیه شده به عنوان یک منبع آب جایگزین، در اقصی نقاط دنیا افزایش یافته و رویکرد جهانی، نشان دهنده افزایش روز افزون استفاده از این منبع غیرمتعارف در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه است. سه دلیل عمده افزایش تمایل به استفاده از این منبع به شرح زیر است

۱- کاهش آلودگی ناشی از فاضلاب‌ها؛

۲- حفاظت از محیط زیست؛

۳- استفاده از این منبع آب نامتعارف به‌عنوان راهکاری برای مقابله با کم آبی و قابلیت رقابت فاضلاب تصفیه شده با برخی از منابع آب و استفاده در برخی از مصارف [۱].

امروزه تجربیات بهره‌گیری از فاضلاب تصفیه شده، معایب و مزایای بهره‌گیری از این منبع را تا حدی روشن ساخته است. از مهم‌ترین مزایای استفاده از فاضلاب تصفیه شده می‌توان به موارد زیر اشاره نمود

۱- کاهش تنش‌های آبی و اطمینان به منبعی مطمئن برای تمام فصول که تغییرات عمده و طبیعی سایر منابع آب را ندارد؛

۲- کاهش بار آلودگی در رودخانه‌ها و سایر منابع آب دریافت کننده فاضلاب و افزایش درآمد مصرف کنندگان بخش کشاورزی با کاهش میزان کوددهی و افزایش محصول، کاهش نیاز به کوددهی شیمیایی [۲ و ۳].

از پساب برای آبیاری پارک‌های عمومی و مراکز تفریحی، میادین ورزشی، حیاط مدارس و زمین‌های بازی، بزرگراه‌ها، محوطه ساختمان‌ها و تأسیسات عمومی، آبیاری و شستشوی محوطه منازل

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.39479

مسکونی، امکانات شستشوی عمومی و سایر خدمات عمومی، آبیاری و شستشوی محوطه مناطق تجاری، اداری و شهرک‌های صنعتی، آبیاری زمین‌های ورزشی، کاربردهای تجاری مانند تجهیزات شستشوی خودرو، شستشوی پنجره و اختلاط آن با آب پاک برای تولید مواد شیمیایی و دیگر مصارف شهری می‌توان استفاده نمود [۴].

اقلیم خشک و نیمه خشک ایران به ویژه در بخش مرکزی و در استان‌های کرمان، یزد، اصفهان، خراسان‌ها، مرکزی، سمنان، قم و تهران از یک سو و نیاز روزافزون این مناطق به منابع آبی پایدار و مناسب برای توسعه طرح‌های بخش صنعت، ایجاد مراکز کشت و صنعت و نیازهای شهرداری‌ها برای توسعه فضای سبز و تأمین منابع آبی گردشگری، لزوم استفاده بهینه از منابع آبی در اختیار و بازچرخانی چندین نوبتی آب در این مناطق را دو چندان کرده است. در این راستا یکی از منابع آبی پایدار و مطمئن، پساب حاصل از اجرای طرح‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب است [۵].

یکی از مهم‌ترین ابزارها در مدیریت تقاضای آب، استفاده از سیستم تعرفه‌گذاری مناسب است که با پایین آوردن مصارف جاری و پیش‌بینی نشده، نیاز به احداث تجهیزات جدید تأمین آب را کم می‌کند و با کنترل هزینه‌ها، میزان درآمد خالص از بخش تأمین آب را افزایش می‌دهد، میزان تلفات خالص را کاهش می‌دهد و آب با بهای معقول، در مناطقی که از طرف دولت برای رشد اقتصادی مشخص می‌شود را در دسترس قرار می‌دهد. براین اساس تعرفه‌گذاری پساب نیز در چارچوب یک استراتژی کلی و برنامه‌ریزی منابع آب می‌تواند نقش مؤثری در افزایش راندمان منابع آبی یک منطقه داشته باشد [۱].

در پژوهش عبدالغفوریان و همکاران در سال ۱۳۹۰، پس از شناخت مصرف کنندگان عمده شهر تهران مانند صنایع و فضاهای سبز که امکان استفاده از فاضلاب تصفیه شده را داشتند و همچنین دارای نیاز آبی حداقل ۳۰۰ هزارمترمکعب در سال بودند، به بررسی کمیت و کیفیت آب مورد نیاز آنها پرداخته شد و سپس منابع تأمین آب موجود شامل آب خروجی از تصفیه‌خانه‌های آب، چاه‌های عمیق و نیمه عمیق، روانآب‌های سطحی و پساب خروجی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب مورد تحلیل قرار گرفت. پس از تعیین مسیرهای ممکن انتقال آب با توجه به کیفیت آب مورد نیاز مصرف کنندگان و کیفیت آب هر منبع تولید آب، با توسعه یک مدل بهینه‌سازی تخصیص، با هدف کمینه کردن هزینه‌های سیستم تأمین آب و همچنین کمینه کردن استفاده از آب خام، نحوه تأمین آب مورد نیاز هر مصرف کننده و کمیّت آن تعیین شد [۶].

محمد زاده و تجریشی در سال ۱۳۷۵، به ارزیابی فنی- اقتصادی استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های شهرک‌های تهران برای آبیاری پارک‌های جنگلی پرداختند و با یک تحلیل سود و زیان از میان گزینه‌های مختلف، انتقال پساب تصفیه‌خانه‌های شهرک‌های غرب و آتی ساز به پارک چیتگر را مورد مطالعه قرار دادند و این پروژه را اقتصادی ارزیابی نمودند [۷].

نتایج پژوهش صلوی تبار و همکاران در سال ۱۳۸۵ نشان داد که جابجایی تخصیص آب کشاورزی و فضای سبز از پساب تصفیه شده فاضلاب به جای آب چاه‌ها ضروری است و در صورتی که این جابجایی انجام نشود، سیستم با کاهش ذخیره آبخوان و ناپایداری آن مواجه خواهد شد [۸].

در پژوهشی که توسط آسفی و همکاران انجام شد، کلیه روش‌های استفاده از پساب تصفیه‌خانه شهر نهاوند بررسی و با در نظر گرفتن معیارهای فنی، اقتصادی و استانداردها، با برآورد هزینه اجرا گزینه برتر انتخاب شد. از این میان استفاده از پساب برای آبیاری کشاورزی با برآورد نیاز آبی گیاهان منطقه در فصول آبیاری و تخلیه به آب سطحی در فصول غیر آبیاری که باعث تغذیه مصنوعی به‌طور غیر مستقیم می‌شد، مد نظر قرار گرفت [۹].

در این پژوهش به‌منظور تعیین میزان تعرفه پساب در محدوده اصفهان، عوامل مؤثر بر قیمت پساب مورد بررسی قرار گرفت و براساس به کارگیری مدل شبکه عصبی به‌عنوان یک مدل غیرخطی با خطای کم، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر قیمت پساب اولویت‌بندی شد. لذا هدف اصلی در پژوهش مدل‌سازی قیمت پساب براساس به‌کارگیری شبکه عصبی برای تعیین میزان اهمیت عوامل مختلف در قیمت پساب است.

۲- محدوده مطالعاتی

بیش از ۷۵ درصد از نیاز فعلی آب شرب استان اصفهان به‌طور مستقیم از رودخانه زاینده‌رود و بقیه نیز از سفره‌های آب زیرزمینی که بیشتر آنها از زاینده‌رود تغذیه می‌شوند، تأمین می‌شود. به‌عبارت دیگر، رودخانه زاینده‌رود مهم‌ترین منبع تأمین آب شرب در استان اصفهان است. افزایش روزافزون جمعیت در این منطقه به همراه افزایش فاضلاب شهری مشکلات زیادی ایجاد کرده است.

در حال حاضر بخشی از فاضلاب تولیدی از مصارف شرب و بهداشت شهری در ۲۰ تصفیه‌خانه موجود استان تصفیه می‌شود. ۵ تصفیه‌خانه در حال اجرا و ۴۸ تصفیه‌خانه در دست مطالعه نیز فاضلاب تولیدی در شهرهای فاقد تصفیه‌خانه را در سال‌های آتی تصفیه خواهد نمود. بر اساس آخرین آمار موجود، سالانه حدود ۱۶۰ میلیون مترمکعب پساب در تصفیه‌خانه‌های در حال بهره‌برداری منطقه تولید می‌شود. از ۲۰ تصفیه‌خانه در حال

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.39479

بهره‌برداری، ۴ تصفیه‌خانه اصلی مربوط به شهرستان اصفهان است که بیش از ۷۳ درصد از کل پساب تولیدی در استان را به خود اختصاص داده است. در بین این ۴ تصفیه‌خانه، بیشترین تولید پساب مربوط به تصفیه‌خانه شمال و جنوب اصفهان با تولید بیش از ۱۰۰ میلیون مترمکعب در سال است. شکل ۱ موقعیت تصفیه‌خانه‌های فاضلاب اصفهان به همراه موقعیت مکانی مهم‌ترین صنایع استان بر روی مدل رقومی ارتفاعی منطقه را نشان می‌دهد. بر روی این نقشه، مقادیر پساب تولیدی و نیز موقعیت شهرها نیز قابل مشاهده است.

با توجه به این که استفاده از پساب تولیدی در این منطقه دارای محدودیت‌هایی برای مصارف کشاورزی است و متأسفانه در سال‌های اخیر این پساب مورد مصرف غیرمجاز بخش‌های کشاورزی قرار گرفته است (شکل ۲)، اولویت تخصیص پساب در این منطقه با هدف قطع وابستگی صنایع به آب خام رودخانه زاینده‌رود، به بخش‌های صنعتی اختصاص داده شده است.

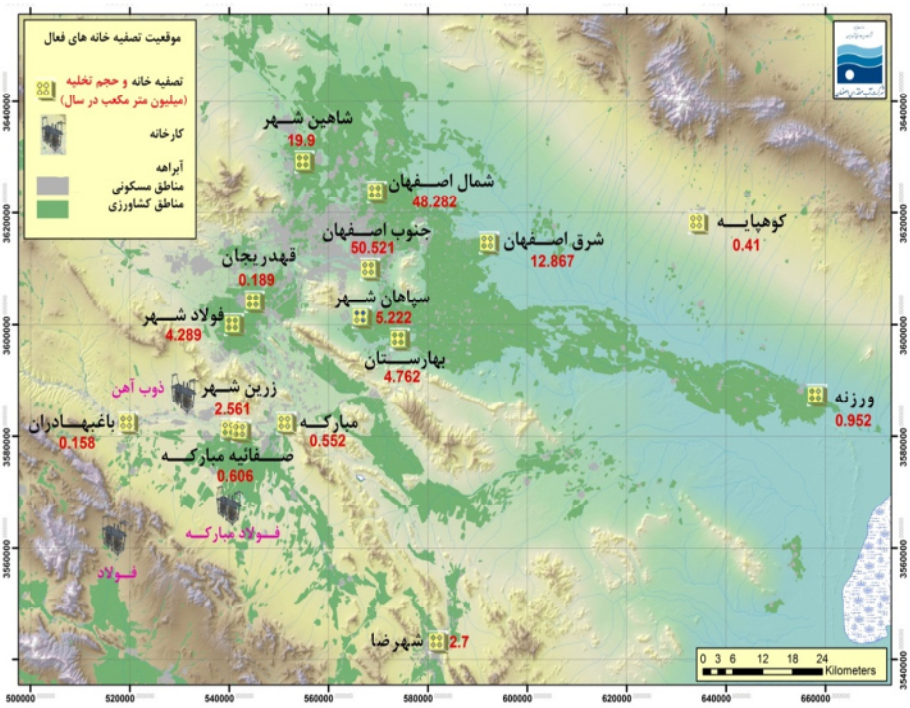

Fig. 1: Location of the wastewater treatment plants operating in Isfahan

شکل ۱- موقعیت تصفیه‌خانه‌های فعال فاضلاب در اصفهان

Fig. 2: Unauthorized agricultural uses of the effluent from North Isfahan Wastewater Treatment Plant

شکل ۲- برداشت‌های غیرمجاز پساب تولیدی در تصفیه‌خانه شمال اصفهان برای مصارف کشاورزی

۳- روش تحقیق

در پژوهش حاضر پس از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها و کدگذاری آنها و ورود داده‌ها به نرم‌افزار SPSS به‌منظور توصیف یافته‌های تحقیق از آمارهای میانگین و جدول فراوانی استفاده شد. همچنین به‌منظور تحلیل رابطه میان متغیرها و بررسی اهمیت متغیرهای مؤثر بر قیمت پساب، روش شبکه عصبی به‌کار گرفته شد. برای مدل‌سازی شبکه عصبی نیز از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. با توجه به اطلاعات ورودی مدل‌های شبکه عصبی، انواع معماری‌ها و ساختارهای متفاوت و با تعداد لایه‌های میانی متفاوت و تعداد متفاوت گره‌های هر لایه اجرا شد. متغیرهای ورودی در شبکه عصبی یا همان متغیرهای مستقل و تأثیرگذار در این پژوهش عبارت‌اند از: جمعیت تحت پوشش تأسیسات تصفیه فاضلاب (نفر)، حجم پساب تولیدی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب (میلیون مترمکعب در سال)، اعتبار مورد نیاز برای بازسازی تصفیه‌خانه‌های در حال بهره‌برداری، تراز ارتفاعی، مصارف مختلف آب در منطقه (مصارف کشاورزی، صنعت و شرب)، قیمت (کارمزد) خدمات دفع فاضلاب صنعتی، هزینه تمام‌شده هر متر اجرا و اتصال لوله (هزار ریال)، منابع آب تولیدی توسط قنوات و چشمه‌ها (میلیون مترمکعب در سال). هزینه‌های سیستم جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب علاوه بر وابسته بودن به نوع فاضلاب و روش‌های جمع‌آوری آن، به مسائل دیگری از جمله روش‌های تصفیه و همچنین فاصله مکان مصرف از محل تصفیه وابسته است. علاوه بر موارد ذکر شده، نوع و میزان آلودگی فاضلاب نیز در مرحله تصفیه آن موجب تفاوت در هزینه‌های تصفیه در سامانه‌های مشابه می‌شود. انتقال فاضلاب به تصفیه‌خانه‌ها نیز می‌تواند در قیمت تمام‌شده آب تصفیه‌خانه بسیار مؤثر باشد [۱۰]. هزینه‌های بهره‌برداری تصفیه‌خانه فاضلاب شامل هزینه‌های راه‌اندازی و نگهداری فاضلاب است که در این پژوهش مورد توجه قرار گرفت. هزینه‌های مزبور شامل هزینه‌های لازم برای خرید لوازم و تجهیزات به‌منظور بهره‌برداری و نگهداری از تأسیسات تصفیه‌خانه است. نوع تصفیه‌خانه و اندازه آن و حجم فعالیت تصفیه‌خانه در میزان هزینه‌های بهره‌برداری بسیار مؤثر است و بنابراین بعد از طراحی و اتمام یک تصفیه‌خانه، علاوه بر هزینه راه‌اندازی و بهره‌برداری، هزینه‌های زیادی در مدت عمر پروژه برای به‌کارگیری، راه‌اندازی مجدد و تعمیرات و نگهداری بخش‌های مختلف آن صرف خواهد شد [۱۱]. در این پژوهش با فرض ارتباط قیمت تمام‌شده پساب با پارامترهای یادشده، این پارامترها به‌عنوان لایه‌های ورودی در شبکه عصبی در نظر گرفته شدند و قیمت پساب تولیدی در ۲۰ تصفیه‌خانه فعال منطقه به‌عنوان لایه وابسته مورد تحلیل قرار گرفت. چهارچوب کلی این پژوهش و ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته به‌صورت مفهومی در شکل ۳ ارائه شده است.

بر اساس مدل مفهومی ارائه شده در شکل ۳، مدل اصلی پژوهش به‌صورت رابطه ۱ تعریف شد

$$PT = f(E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10) \quad (۱)$$

شرح متغیرهای رابطه ۱ به همراه متغیرهای مستقل که حکم لایه ورودی در شبکه عصبی را دارند، در جدول ۱ ارائه شده است. پس از ورود لایه‌های مستقل به مدل شبکه عصبی و اعمال وزن سیناپسی به هر لایه، نتایج در لایه خروجی مورد بررسی قرار

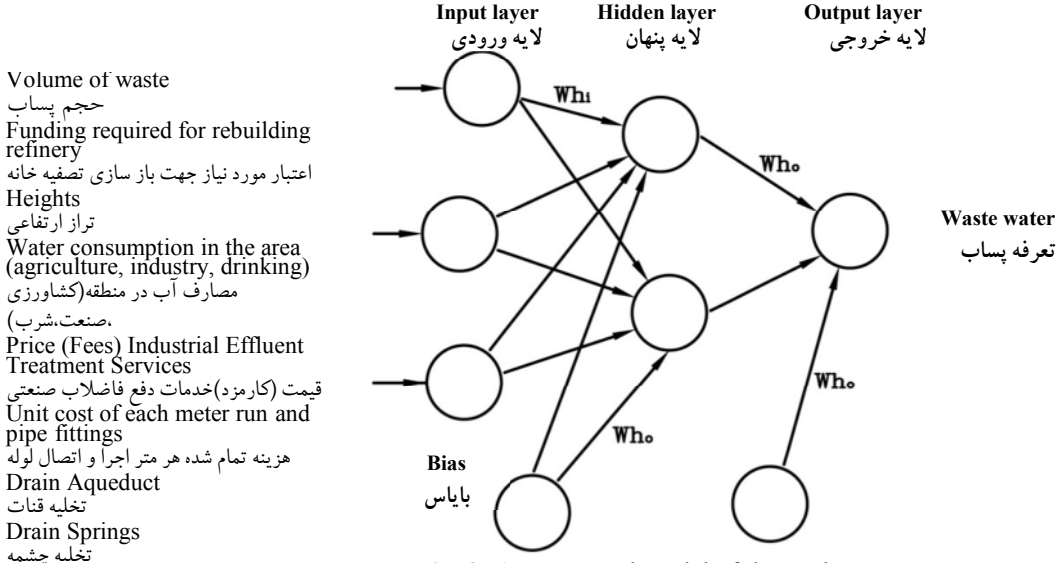

Fig. 3: A conceptual model of the study

شکل ۳- مدل مفهومی پژوهش

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.39479

Table 1: Neural network input and output layers
جدول ۱- ورودی و خروجی شبکه عصبی

Parameters پارامتر	Input Layers لایه ورودی	Output Layer لایه خروجی
E1	Plain Type نوع دشت	Effluent disposal tariff تعرفه پساب
E2	Effect of population covered اثر جمعیت تحت پوشش	
E3	Waste volume حجم پساب	
E4	Funding required for treatment plant rehabilitation اعتبار موردنیاز جهت بازسازی تصفیه‌خانه	
E5	Elevations تراز ارتفاعی	
E6	Water consumption in the area (agriculture, industry, drinking) مصارف آب در منطقه(کشاورزی ،صنعت،شرب)	
E7	Price (Fees) for industrial effluent treatment services قیمت (کارمزد)خدمات دفع فاضلاب صنعتی	
E8	Unit cost of each meter of pipe run and fittings هزینه تمام‌شده هر متر اجرا و اتصال لوله	
E9	Drain aqueduct تخلیه قنات	
E10	Drain springs تخلیه چشمه	

می‌گیرد. در این فرایند هر یک از سلول‌های مدل عصبی آموزش‌دیده و عملکرد مدل بهبود می‌یابد. عملیات آموزش مدل چندین بار تکرار شده و در هر مرحله با کاهش مقادیر خطای مدل، کارایی مدل مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. به‌منظور بررسی تغییرهای مؤثر بر قیمت پساب، همبستگی خطی بین متغیرهای مؤثر بر میزان تعرفه پساب بررسی شد. همچنین در مدل شبکه عصبی، داده با نسبتی مشخص به نمونه یادگیری و نمونه آزمون تقسیم شده است. برای آموزش شبکه عصبی، از یک شبکه پیش‌رو استفاده شد که دارای یک لایه ورودی با ۱۰ متغیر و ۱۱ گره یا واحد هست. تعداد واحدهای متغیر ورودی شامل تعداد سطوح برگ خریدها، به‌علاوه تعداد کووریت‌ها و بایاس است. این شبکه همچنین دارای یک لایه پنهان با ۶ نرون است و لایه خروجی نیز قیمت پساب در نظر گرفته شده است. لایه میانی و تعداد گره‌ها چندین بار مدل شد و مدل با کمترین خطا به‌عنوان بهترین مدل عصبی به کار گرفته شد.

۴- نتایج

نتایج همبستگی خطی بین متغیرهای مؤثر بر میزان تعرفه پساب در جدول ۲ ارائه‌شده است. ملاحظه می‌شود که متغیر هزینه تمام شده هر متر اجرا و اتصال لوله بیشترین همبستگی خطی را با قیمت پساب از خود نشان داده است. بر اساس نتایج این جدول ملاحظه می‌شود که نوع دشت پس از متغیر هزینه تمام‌شد، بیشترین همبستگی را با قیمت پساب نشان می‌دهد. نتایج این بخش نشان می‌دهد که تعرفه پساب صرفاً وابسته به هزینه‌های اولیه نبوده و وضعیت آبخوان و نوع دشت می‌تواند از عوامل مؤثر بر تعرفه پساب باشد. در شبکه عصبی داده‌ها با نسبتی مشخص به نمونه یادگیری و نمونه آزمون تقسیم شده‌اند. همان‌طور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود، در این پژوهش حدود ۶۰ درصد داده‌ها به نمونه یادگیری و ۴۰ درصد داده‌ها به نمونه آزمون اختصاص داده شد. به‌عبارت‌دیگر از ۲۰ تصفیه‌خانه ۱۴ داده برای نمونه یادگیری و ۶ داده برای نمونه آزمون به‌کار رفت.

Table 2: Correlations of Parametes
جدول ۲- مقادیر همبستگی بین پارامترها

Sig.	Pearson correlation with wastewater tarrif ضریب همبستگی (پیرسون) با تعرفه پساب	Parameter پارامتر
0.074	-0.409	Plain type
0.184	-0.309	Effect of population covered
0.118	-0.361	Waste volume
0.307	-0.241	Funding required for treatment plant rehabilitation
0.851	0.045	Elevations
0.478	-0.168	Drain aqueducts
0.496	0.162	Drain Springs
0.091	-0.388	Agriculture
0.18	-0.312	Industry Consumption type
0.761	-0.073	Drinking
-	-	Price (Fees) for industrial effluent treatment services
0	0.98	Unit cost of each meter of pipe run and fittings

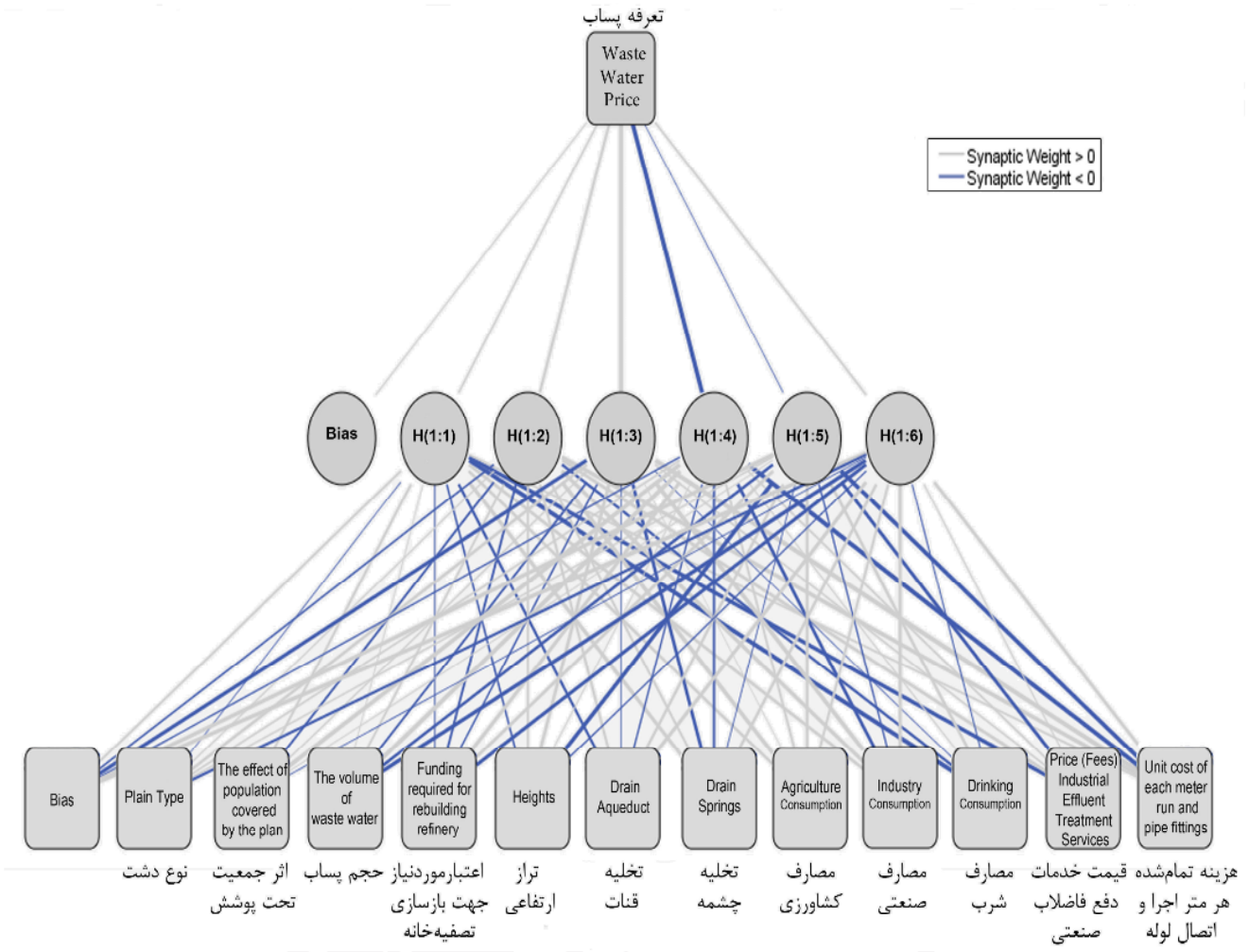

Fig. 4: Synapses weights and neural network layers
شکل ۴- نمودار وزن‌های سیناپسی و لایه‌های شبکه عصبی

Table 3: Dividing the datainto learning and test sample
جدول ۳- تفکیک داده‌ها به دو نمونه یادگیری، آزمون

	Number	%
Learning sample	14	60
Test Sample	6	40
Total	20	100

همان‌طور که در بخش روش‌شناسی پژوهش ارائه شد، برای آموزش شبکه عصبی، از یک شبکه پیش‌رو استفاده شده است که دارای یک‌لایه ورودی با ۱۰ متغیر و ۱۱ گره یا واحد است. شکل ۴ بیانگر لایه‌های شبکه عصبی این پژوهش و وزن‌های سیناپسی ارائه شده است. در این پژوهش MPL دارای یک‌لایه پنهان و ۶ واحد در لایه پنهان است و تابع فعال‌سازی لایه پنهان، تانژانت هیپربولیک و تابع فعال‌سازی لایه خروجی، تابع همانی در نظر گرفته شده است [۱۱]. در شکل ۴، منظور از (H:1,1) گره اول لایه میانی است. متغیرهای مستقل یا تأثیرگذار توسط این گره‌ها در لایه میانی آموزش‌دیده و وزن سیناپسی گرفتند. در این شکل، آموزش‌ها با H نشان داده شده و وزن‌ها بعد از توابع فعال‌سازی اعمال شدند. در این پژوهش، یک متغیر بایاس (عرض از مبدأ) و ده لایه ورودی (E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10) که همگی به‌عنوان گره‌های لایه ورودی بودند، در نظر گرفته شد. پس از چندین مرحله اجرای مدل، ۶ گره برای لایه‌های میانی شبکه عصبی در نظر گرفته شد (شکل ۴). در شکل ۴ خطوط پر رنگ نشانه وزن‌هایی هستند که توسط تابع فعال‌سازی، فعال‌شده‌اند و وزن سیناپسی مثبتی داشته‌اند و خطوط کمرنگ نیز نشانه‌های وزن‌های منفی هستند که توسط تابع فعال‌سازی، فعال نشده‌اند. وزن‌های سیناپسی همان ارزش مشارکت متغیرها در فرایند یادگیری شبکه

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.39479

است که وزن‌های فعال‌شده متغیرهای مؤثر در فرایند برآورد و تشکیل شبکه عصبی را بررسی می‌کند.

مدل مورد استفاده، شبکه پیش‌خور با تعداد ۱ لایه پنهان و ۶ عنصر در لایه پنهان و تابع غیرخطی تانژانت هیپربولیک بوده و تکرار آموزش توسط نرم‌افزار به‌صورت خودکار تا کمینه‌سازی خطای مدل ادامه یافته است. در جدول ۴، خطای نمونه‌های یادگیری و آزمون ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود خطای نمونه یادگیری حدود ۰/۰۲ و خطای آزمون حدود ۰/۰۱ است که بیانگر دقت بالای شبکه عصبی است.

Table 4: Model Summary

جدول ۴- خلاصه نتایج مدل و مقادیر خطای نمونه‌های یادگیری و آزمون

Parameter		Value
Learning sample	Sum square error	0.138
	Relative error	0.021
Test sample	Sum square error	0.142
	Relative error	0.013

Table 5: Parmeters and synapses weights

جدول ۵- پارامترها و وزن‌های سیناپسی لایه‌ها

Predictor Parameters پیش‌بینی کننده		Predicted پیش‌بینی شده						
		Hidden layer لایه پنهان						Output layer لایه خروجی
		H(1:1)	H(1:2)	H(1:3)	H(1:4)	H(1:5)	H(1:6)	Waterwaste pric تعرفه پساب
Inpute layer لایه ورودی	(bias) بایاس	0. 181	-0.125	-0.437	-0.108	0.486	0.486	
	Type Plain نوع دشت	-0.022	0.097	0.312	0.141	0.123	-0.267	
	Effect of population served جمعیت تحت پوشش	0.254	-0.171	0.117	0.507	0.063	-0.038	
	Waste volume حجم پساب	0.055	0.190	-0.171	0.583	-0.300	-0.449	
	Funding required for treatment plant rehabilitation اعتبار مورد نیاز جهت بازسازی تصفیه‌خانه	-0.059	-0.214	-0.123	0.442	0.361	-0.403	
	Elevations تراز ارتفاعی	-0.141	0.191	0.402	0.061	-0.494	-0.089	
	Drain Aqueduct تخلیه قنات	-0.287	0.294	-0.033	-0.119	0.297	0.442	
	Drain Springs تخلیه چشمه	0.444	0.230	-0.392	-0.252	-0.043	0.320	
	Agriculture مصرف کشاورزی	0.303	0.500	0.004	0.218	0.373	0.268	
	Industry مصرف صنعت	0.340	0.464	0.505	-0.372	-0.112	0.428	
	Drinking مصرف شرب	-0.521	-0.273	-0.017	0.081	0.323	-0.080	
	Water consumption in the area (agriculture, industry, drinking) مصارف آب در منطقه (کشاورزی، صنعت، شرب)	-0.471	0.360	0.129	0.157	-0.396	0.085	
	Price (Fees) for Industrial Effluent Treatment Services (کارمزد)خدمات دفع فاضلاب صنعتی	0.160	0.488	0.944	-0.691	-0.502	0.341	
Hidden layer لایه پنهان	(bias) بایاس							0.077
	H(1:1)							0.125
	H(1:2)							0.294
	H(1:3)							0.811
	H(1:4)							-0.786
	H(1:5)							-0.004
	H(1:6)							0.142

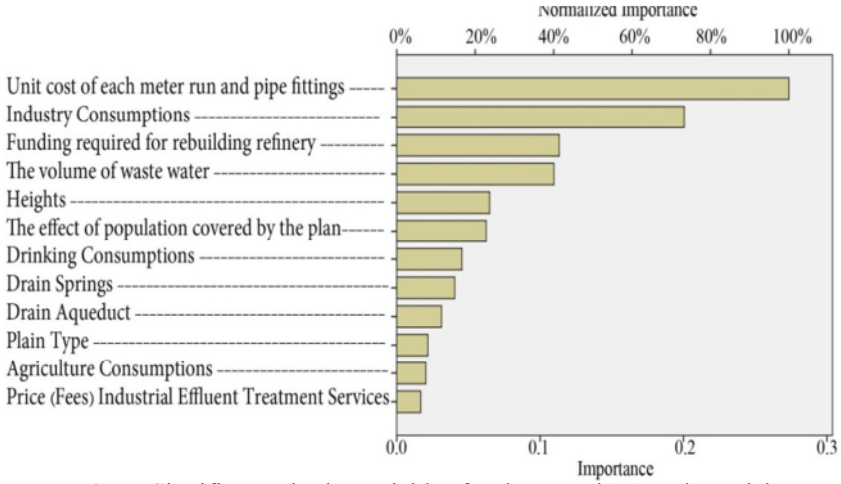

Fig 5: Significance in the variables for the neural network model

شکل ۵- اهمیت متغیرها در مدل‌سازی شبکه عصبی

Table 6: Significance of the parameters

جدول ۶- میزان اهمیت متغیرها در مدل شبکه عصبی

Parameter پارامتر	Significance اهمیت	Normalized significance اهمیت نرمال شده
Plain Type نوع دشت	0.022	8.0%
Effect of population served جمعیت تحت پوشش	0.062	22.8%
Waste volume حجم پساب	0.110	40.1%
Funding required for treatment plant rehabilitation اعتبار مورد نیاز جهت باز سازی تصفیه خانه	0.113	41.4%
Elevations تراز ارتفاعی	0.065	23.7%
Drain Aqueduct تخلیه قنات	0.031	11.4%
Drain Springs تخلیه چشمه	0.040	14.8%
Agriculture مصرف کشاورزی	0.020	7.4%
Industry مصرف صنعت	0.200	73.3%
Drinking مصرف شرب	0.046	16.6%
Price (Fees) for industrial effluent treatment services (کارمزد)خدمات دفع فاضلاب صنعتی	0.017	6.2%
Unit cost of each meter run and pipe fittings هزینه تمام شده هر متر اجرا و اتصال لوله	0.273	100.0%

در جدول ۵ ضرایب هر یک از متغیرهای سهیم در مدل‌سازی شبکه عصبی و همچنین ضریب متغیرهای توضیحی (لایه ورودی و متغیر خروجی و لایه میانی) ارائه شده است. این ضرایب بر اساس شبکه عصبی انتخاب شده، نهایی شده است. در مرحله بعدی، تمامی متغیرهای مؤثر بر اجرای شبکه عصبی رده‌بندی و اولویت‌دهی شده و میزان اهمیت هر متغیر در مدل‌سازی غیرخطی شبکه عصبی بررسی شد. شکل ۵ و جدول ۶ میزان اهمیت متغیرهای ورودی در مدل‌سازی شبکه عصبی و پیش‌بینی قیمت پساب را نشان می‌دهند. بر اساس شکل ۵ ملاحظه می‌شود که متغیر "هزینه تمام‌شده هر متر اجرای انتقال" در قیمت پساب به روش شبکه عصبی بیشترین اهمیت را دارد و بیشترین ضریب اهمیت در جدول ۶ نیز متعلق به این متغیر است. با توجه به جدول ۶، متغیر مهمی که در برآورد قیمت پساب از درجه اهمیت بالایی برخوردار است، متغیر هزینه تمام‌شده هر متر اجرا و اتصال لوله است و پس از آن متغیر مصرف صنعت است. از ده متغیر در نظر گرفته شده، کمترین درجه اهمیت در مدل‌سازی شبکه عصبی قیمت پساب، متعلق به مصارف کشاورزی و متغیر کارمزد خدمات دفع فاضلاب صنعتی است.

۵- نتیجه‌گیری

در روش‌های مختلف استفاده مجدد و با توجه به نحوه کاربرد پساب و احتمال تماس انسان با آن، کیفیت متفاوتی از پساب مورد نیاز بوده و در برنامه‌ریزی و اجرای پروژه‌های تصفیه فاضلاب و استفاده مجدد از پساب، با توجه به نوع استفاده، فرایند تصفیه مورد نیاز برای رسیدن به پسابی با کیفیت مطلوب متفاوت خواهد بود. علی‌رغم محدودیت هر یک از روش‌های مختلف استفاده مجدد از پساب، فاضلاب تصفیه شده یک منبع آب در دسترس بوده و حتی

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.39479

در سال‌هایی که مشکل کم‌آبی وجود دارد، استفاده از پساب‌های شهری موجب می‌شود که تأثیرات مخرب خشکسالی، کاهش یابد. از آنجا که اعمال تعرفه مناسب بر پساب نقش مهمی در بهینه‌سازی مصرف خواهد داشت، پارامترهای مؤثر بر پساب بها در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت.

در این تحقیق کارایی روش شبکه عصبی نسبت به مدل‌های رگرسیون خطی، در قیمت‌گذاری پساب نشان داده شد. با توجه به مقدار میانگین مربعات خطا یا خطای نسبی حداقل، ملاحظه شد که پیش‌بینی‌های شبکه عصبی دقیق‌تر است. در واقع شبکه‌های عصبی به دلیل الگوی غیرخطی، نتایج بهتری را در اختیار می‌گذارد.

نتایج این تحقیق نشان داد که از بین پارامترهای مؤثر بر قیمت پساب، متغیرهای هزینه تمام‌شده هر متر اجرا و اتصال لوله، مصارف صنعتی و اعتبار مورد نیاز به‌منظور بازسازی تصفیه‌خانه از بالاترین اهمیت برخوردار هستند. به‌عبارت‌دیگر قیمت پساب بیش از هر چیزی تحت تأثیر سرمایه‌گذاری، هزینه لوله‌گذاری و انتقال و همین‌طور هزینه‌های بازسازی و نگهداری تأسیسات تصفیه‌خانه‌های فاضلاب می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داده است که پساب می‌تواند جایگزینی قوی برای آب سطحی در مصارف صنعتی باشد.

۶- مراجع

References

1. Lassevits, J. F., and Berrua, D. (2001). "Study of phophorus-Propertion of Phosphorus from detergents in continental waters." *Geuplus Pers Comm*, 350P.
2. Edge, D. (1999). "Perspectives for nutrient removal from sewage and implications for sludge strategy." *Environ. Technol*., 20, 759-763.
3. Picton, P. (2002). *Neural Networks: Principles and functional*, translations doctor Mehdi Ghazanfari and Jamal Orkut, Publisher Iran University of Science and Technology, Tehran.
4. Nowak, O., Franz, A., Svardal, K., and Müller, V. (1996). "Specific organic and nutrient loads in stabilised sludge from municipal treatment plants." *Water Sci. and Technol*., 33, 243-250.
5. Kashfi, H. (2012). "Private sector investment in wastewater treatment facilities for waste water allocation in the form of buyback contract." *9th International Management Conference*, Tehran, Iran.
6. Abdolghafoorian, A., Tajrishy, M., and Abrishamchi, A. (2013). "Urban water management and wastewater runoff as new sources of water." *Water and Sanitation*, 4, 29-42.
7. Mohammadnegad, S., and Tajrishy, M. (1997). "Technical and economic evaluation of Tehran's wastwater treatment effluent for landscape irrigation." *Proceedings of the 2nd International Civil Engineering Conference*, Sharif University of Technology, Iran.
8. Salvitabar, A., Zarghami, A. M., and Abrishamchi, A. (2006). "System dynamics model in urban water management in Tehran." *Water and Sanitation*, Vol. 17, No. 3 (59), 12-28.
9. Asefi, H., and Zonoori, A. (2012). "The use of wastewater as renewable freshwater resources." *The First Regional Conference of Civil Engineering, Azad University of Khomeini Shahr*, Isfahan, Iran. (In Persian)
10. Najafi, M. and Bibalani, B. (2011). "Removable water requirement agricultural land resource allocation Tehran from urban waste water treatment plants, recycled water and wastewater." Second place in the National Seminar on Water Resources Management, the first regional Conference on civil Engineering, Azad University of Khomeinishahr.
11. Nowak, O. (2000). "Expenditure on the operation of municipal wastewater treatment plants for nutrient removal." *Water Sci. and Technol*., 41, 281-289.
12. Samadi, S., and Nazifi, M. (2014). "Analysis of factors affecting fluctuations in the price of gold using a Markov switching, Journal: Monetary Economics, Finance." *Scientific Research*, 26, 121-146.