The 2nd National Conference on Environmental Engineering and Management (2CEEM)
25 Jan 2017
۶ بهمن ماه ۱۳۹۵

هوشمند سازی برآورد مواد معلق جامد (TSS) ورودی به تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به کمک تحلیل رگرسیون غیر خطی (مطالعه موردی شهرک صنعتی توس مشهد)

محمد شکوهیان
دانشیار گروه مهندسی عمران-محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد
mshokouhian@um.ac.ir
مهرداد میرابی
دانشجوی Ph.D مهندسی عمران-محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد
Mirabi.mehrdad@gmail.com
محمد غیبی
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران-محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد
Mohamadgheibi@ymail.com

چکیده

فاضلاب‌ها یکی از عوامل آلودگی محیط‌زیست هستند که در صورت جمع‌آوری و تصفیه مناسب امکان برگشت مجدد به چرخه طبیعت را دارند. فاضلاب‌های صنعتی بخش مهمی از فاضلاب تولید شده در جوامع امروزی هستند که شامل آلودگی‌های بیشتری نسبت به فاضلاب شهری می‌باشند. مانیتورینگ پارامترها در سیستم‌های تصفیه فاضلاب سبب کاهش مواد مصرفی و بهینه شدن مصرف انرژی در سیستم خواهد شد. دستیابی به روش‌هایی هوشمندسازی که باعث سرعت و سهولت در اندازه‌گیری این پارامترها می‌گردد کمک شایانی در این مسیر به راهبر سیستم خواهد نمود. یکی از این پارامترهای مهم جامدات معلق(TSS) می‌باشد که تعیین آن مستلزم صرف زمان بوده و معمولاً کمتر اندازه‌گیری می‌شود. در این پژوهش مقدار جامدات محلول (TDS) را با استفاده از ضریب هدایت الکتریکی (EC) که اندازه‌گیری آن بسیار ساده می‌باشد برآورد نموده و سپس با استفاده از تحلیل آماری و رگرسیونی مقدار TS و در نهایت TSS محاسبه می‌گردد.

کلمات کلیدی

هوشمند سازی، تحلیل آماری و رگرسیونی ، تصفیه‌فاضلاب، جامدات معلق ، جامدات محلول، ضریب هدایت الکتریکی.

مقدمه

یکی از مهمترین عوامل آلوده کننده محیط زیست فاضلاب‌ها می‌باشند. فاضلاب محلول رقیقی است که ۹۹/۹ درصد آن را آب و ۰/۱ درصد آن را مواد جامد، ناخالصی‌ها و آلاینده‌هایی از قبیل عوامل بیولوژیکی و شیمیایی تشکیل می‌دهد، که در صورت تخلیه (بدون تصفیه) آنها به محیط زیست و یا استفاده در مصارف کشاورزی سبب آلودگی منابع آب، خاک و محصولات کشاورزی شده و در نهایت باعث به مخاطره افتادن بهداشت و سلامت ساکنین منطقه خواهد گردید [2]و[4]. به طوری که تخمین زده‌اند هر متر مکعب فاضلاب تصفیه نشده می‌تواند ۴۰ تا ۶۰ مترمکعب آب آشامیدنی را به شدت آلوده نماید. تاثیرات نامطلوب زیست محیطی ناشی از دفع نادرست فاضلاب صنعتی در حدی است که امروزه اجرای طرح‌های فاضلاب در مناطق شهری و شهرک‌های صنعتی امری ضروری و بنیادی تلقی می‌گردد [14]و[15]. در سال‌های اخیر ایجاد شهرک‌های صنعتی که از جمله فعالیت‌های مهم در امر کمک به توسعه و پیشرفت صنعت در کشور به حساب می‌آید بایستی به گونه‌ای باشد که کم‌ترین آسیب‌ها را به محیط زیست منطقه وارد سازد [7] [11]و[12] . از جمله پیامدهای زیست محیطی این شهرک‌ها، تولید فاضلاب‌های صنعتی است. در نتیجه تصفیه فاضلاب آنها قبل از ورود به آب‌های پذیرنده امری ضروری است. اما احداث تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به تنهایی نگرانی‌های زیست محیطی را برطرف نمی‌کند بلکه برای رسیدن به استانداردهای مطلوب زیست محیطی عملکرد این تصفیه‌خانه‌ها بایستی مدام تحت بررسی و ارزیابی قرار گیرند[9]. در واقع راهبری سیستم‌های تصفیه فاضلاب و کنترل پارامترهای ورودی خصوصاً در شهرک‌های صنعتی که فاضلاب‌هایی با ماهیت متفاوت وارد سیستم تصفیه مرکزی می‌شوند بسیار حائز اهمیت است، تا با راهبری مناسب بتوان آلایندگی خروجی سیستم تصفیه فاضلاب را در محدوده استاندارد حفظ نمود و از پساب حاصل در مصارفی چون کشاورزی و ... بهره جست که این کار تا حدودی به مسائل بحران کمبود آب کمک خواهد کرد. از جمله پارامترهای که برای ارزیابی عملکرد تصفیه‌خانه‌های فاضلاب باید مورد توجه قرار گیرد می‌توان به میزان اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی (BOD)، میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی(COD) ، جامدات معلق(TSS)، جامدات محلول (TDS) و pH فاضلاب اشاره نمود.

هدف از این پژوهش استفاده از مدل‌های ریاضی و آماری به‌خصوص روش‌های رگرسیونی، در گام اول به برآورد ضریب تبدیل EC به TDS در فصول مختلف سال و در گام دوم به پیش‌بینی میزان ذرات معلق جامد در فاضلاب ورودی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک صنعتی بپردازد.

از جمله مطالعات صورت گرفته می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. میران‌زاده و بابامیر (۱۳۸۲) کارایی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک اکباتان را با بررسی پارامترهای COD، BOD_5 و TSS در طول یکسال مورد ارزیابی قرار دادند که نتایج بیانگر راندمان مناسب تصفیه خانه در حذف آلاینده‌های مذکور می‌باشد[5]. در بوکان حسینی و رحیم‌زاده (۱۳۸۵) کارایی لاگون‌های هوادهی را در حذف پارامترهای COD ، BOD_5 و TSS مورد ارزیابی قرار دادند[3]. کیمیایی و همکاران(۱۳۸۶) شاخص‌های کیفی COD ، BOD_5 ، TSS ، کل کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی در فاضلاب ورودی و خروجی تصفیه‌خانه‌های شهرک صنعتی بوعلی همدان را ارزیابی نموده و راندمان حذف آلاینده‌ها را مورد بررسی قرار دادند[1]. کازمی و همکاران (۲۰۰۸) سیستم‌های لجن فعال در شهرهای مختلف هندوستان مورد بررسی قرار دادند و مقدار ضریب همبستگی (R^2) بین پارامتر TSS با پارامترهای کل کلیفرم(TC) و کلیفرم مدفوعی(FC) را به ترتیب ۰/۷۲ و ۰/۷۵ بدست آوردند که بیانگر ارتبط بین این پارامترهاست[10]. مونگرای و همکاران (۲۰۱۱) مطالعه‌ای روی

فاضلاب ورودی به سیستم‌های UASB و ASP جهت تعیین ارتباط بین پارامتر فیزیکوشیمیایی TSS در پساب مورد مطالعه با شاخص‌هی میکروبی TC و FC انجام دادند[13]. میران‌زاده و همکاران (۱۳۹۳) ارتباط بین پارامتر TSS با TC و FC را در پساب خروجی حاصل از فرآیند لجن فعال دانشگاه علوم پزشکی کاشان مورد بررسی قراردادند، که نتایج بیانگر ضرایب هبستگی ۰/۷۸ برای FC و ۰/۷۹ برای TC می‌باشند[6].

۱. مواد و مواد و روش ها

مطالعه‌ی مذکور در راستای ایجاد مدل‌سازی عددی توابع پیش‌بینی ذرات معلق جامد ورودی به تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب صنعتی صورت پذیرفته است. هدف اصلی این مطالعه، طرح‌ریزی مدل‌های عددی جهت راهبری هوشمند تصفیه‌خانه‌های فاضلاب صنعتی می‌باشد. شایان ذکر است که این پژوهش بر روی فاضلاب ورودی شهرک صنعتی توس واقع در شهر مشهد صورت گرفته است.

۲. مواد تحقیق

شهرک صنعتی توس در شمال غربی شهر مشهد و در کیلومتر ۱۵ جاده‌ی مشهد- قوچان در استان خراسان رضوی واقع شده است. مساحت این شهرک ۳۶۰ هکتار و شامل ۳ فاز بوده که فاز اول آن در سال ۱۳۷۱ شروع به بهره‌برداری شده‌است. لازم به ذکر است که از ۶۱۵ واحد صنعتی طراحی شده در فاز اول و دوم، ۴۴۰ واحد آن در حال کار می‌باشند. مابقی واحدهای فاز اول و دوم و فاز سوم در حال ساخت یا تخصیص تسهیلات بوده که شامل مطالعات این پژوهش نمی‌باشند. در ارتباط با نوع فرآیند بیولوژیکی این تصفیه‌خانه باید اشاره داشت که شامل روش‌های بی‌هوازی UASB[1] و روش‌های هوازی رشد چسبیده (AG[2]) و رشد معلق (SG[3]) می‌باشد.

۳. روش تحقیق

این پژوهش در سه گام کلی، مطالعه‌ی آماری چند ساله آزمایشات تصفیه‌خانه‌ی توس، تعیین ضریب تبدیل EC[4] به TDS[5] در فصول مختلف سال و طرح‌ریزی مدل‌های توابع پیش‌بینی TSS[6] صورت گرفت.

۱.۳. مطالعات آماری آزمایشات تصفیه‌خانه

در این بخش از مطالعه، نتایج حاصل از آزمایشات عملی صورت گرفته در تصفیه‌خانه‌ی توس جمع‌آوری، طبقه‌بندی و صحت‌سنجی شد. برای محقق شدن این مهم از جلسات هم‌گروهی با کارشناسان بهره‌برداری تصفیه‌خانه‌ی توس استفاده گردید.

---

[1] Up flow Anaerobic Sludge Blanket
[2] Attach Growth
[3] Suspended Growth
[4] Electro Conductivity
[5] Total Dissolved Solid
[6] Total Suspended Solid

۳. ۲. تعیین ضریب تبدیل EC به TDS

بر مبنای مطالعات کتاب Metcalf & Eddy همواره رابطه‌ی منطقی میان EC و TDS وجود دارد که در رابطه‌ی شماره (۱) تشریح شده است[12].

$$TDS = K \times EC$$
$$0.55 \le K \le 0.9 \quad in \quad T = 25\,^{\circ}C \quad , \quad K = Function\left(Temperature\,^{\circ}C\right) \qquad (1)$$

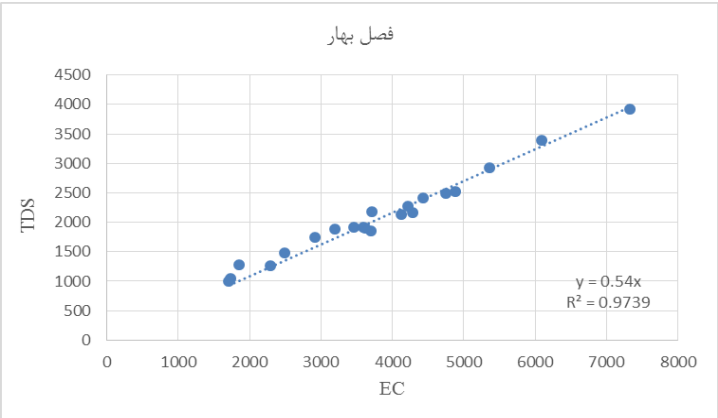
همان‌طور که از رابطه‌ی فوق پیداست، ضریب K تابعی از دما می‌باشد. از این روی با برازش تابع خطی y=ax (TDS=K*EC) مقادیر K در فصول چهارگانه‌ی سال محاسبه می‌گردد. نتایج این بخش جهت انجام محاسبات سرانگشتی در تصفیه‌خانه‌ها می‌تواند بسیار سودمند باشد.

۳. ۳. طرح‌ریزی مدل‌های پیش‌بینی TSS

این بخش از مطالعه به کمک تحلیل‌های رگرسیونی و برازش‌های آماری، توابعی را برای پیش‌بینی TSS ورودی به تصفیه‌خانه‌های فاضلاب طرح‌ریزی نموده‌است. شایان ذکر است که رابطه‌ی منطقی و صحیحی میان TDS (محاسبه شده از روی EC) و TSS وجود ندارد، اما این رابطه را می‌توان بین TS[1] و TDS و همچنین TS و TSS برقرار نمود. از این روی با تعیین EC می‌توان پیش‌بینی برای TS و TSS صورت داد.

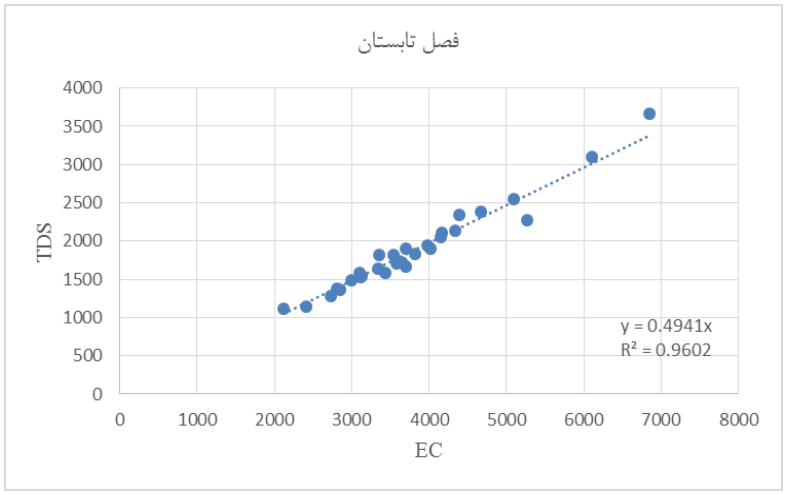
۴. بحث و تحلیل

شهرک صنعتی توس دارای دو ورودی مربوط به فزهای یک و دو می‌باشد که محاسبات مشروح در مواد و روش‌ها برای هر دو ورودی به صورت جداگانه انجام شده است. نتایج محاسبات نشان می‌دهد که مقادیر ثابت K در ورودی شماره‌ی (۱) تصفیه‌خانه، در سه فصل بهار، تابستان، پاییز به ترتیب ۰/۵، ۰/۴۹، ۰/۶۱ و برای ورودی شماره (۲) به ترتیب شامل ۰/۵۸، ۰/۵، ۰/۵۸ می‌شود. نتایج تحلیل‌های آماری و برازش‌های مذکور به شرح شکل‌های (۱) الی (۶) نمایش داده‌شده‌است.

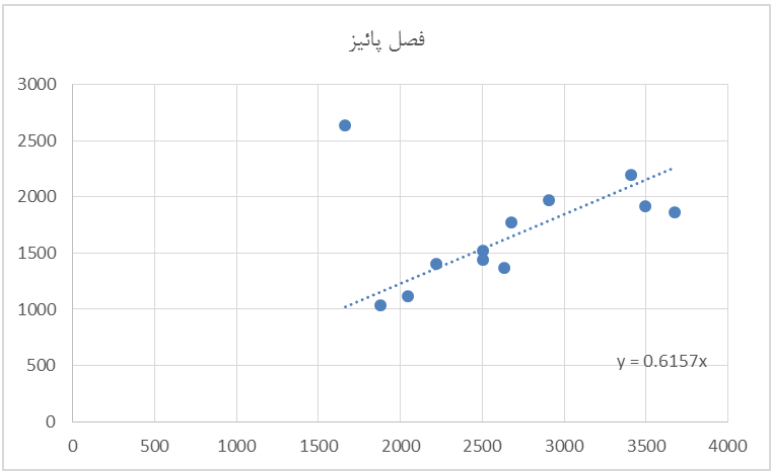


شکل ۱ : تعیین ضریب K برای فصل بهار (ورودی ۱)

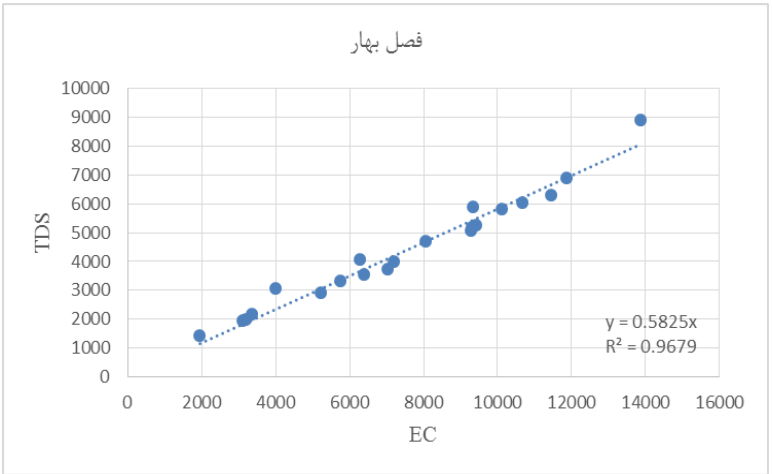
[1] Total Solid



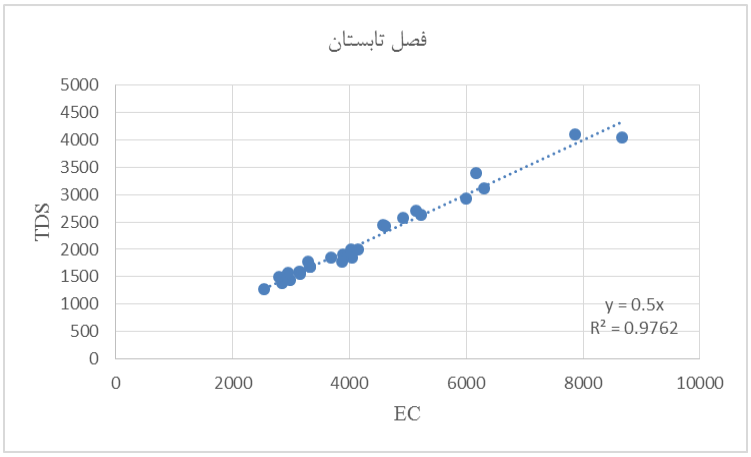
شکل ۲ : تعیین ضریب K برای فصل تابستان (ورودی ۱)



شکل ۳ : تعیین ضریب K برای فصل پاییز (ورودی ۱)



شکل ۴ : تعیین ضریب K برای فصل بهار(ورودی ۲)



شکل ۵ : تعیین ضریب K برای فصل تابستان (ورودی ۲)

شکل ۶ : تعیین ضریب K برای فصل پائیز (ورودی ۲)

همان‌طور که اشاره شد، با تعیین رابطه‌ی میان TS و TDS می‌توان فقط با اندازه‌گیری EC فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب از ورودی‌های (۱) و (۲)، مقادیر مجموع مواد جامد (TS) و مواد معلق جامد (TSS) را تخمین زد که شرح فرآیند مذکور به شرح رابطه‌ی شماره‌ی (۲) بیان شده‌است[12].

$$Determine\ EC \longrightarrow TSS_i = TS_i - TDS_i \qquad (۲)$$

نتایج محاسبات تحلیل آماری و رگرسیونی برای پیش‌بینی TS از روی TDS فاضلاب (محاسبه شده از روی EC) در ورودی شماره‌ی (۱) از توزیع فوریه‌ی درجه‌ی ۸ با R^2=0.67 و برای ورودی شماره‌ی (۲) از توزیع گوسین درجه‌ی ۶ با R^2=0.7 استفاده نموده‌است. مدل‌های طراحی شده برای ورودی های شماره (۱) و شماره (۲) به ترتیب در روابط (۳) و (۴) نمایش داده‌شده‌است.

General model Fourier8: (۳)

$$TS = a_0 + a_1\cos(TDS \times w) + b_1\sin(TDS \times w) + a_2\cos(2\,TDS \times w) + b_2\sin(2\,TDS \times w) + a_3\cos(3\,TDS \times w) + b_3\sin(3\,TDS \times w) + a_4\cos(4\,TDS \times w) + b_4\sin(4\,TDS \times w) + a_5\cos(5\,TDS \times w) + b_5\sin(5\,TDS \times w) + a_6\cos(6\,TDS \times w) + b_6\sin(6\,TDS \times w) + a_7\cos(7\,TDS \times w) + b_7\sin(7\,TDS \times w) + a_8\cos(8\,TDS \times w) + b_8\sin(8\,TDS \times w)$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$a_0 = 6.529e+13(-7.419e+16,\ 7.432e+16)$
$a_1 = -4.699e+13(-6.212e+16,\ 6.202e+16)$
$b_1 = -1.071e+14(-1.18e+17,\ 1.178e+17)$
$a_2 = -5.668e+13(-5.427e+16,\ 5.416e+16)$
$b_2 = 6.166e+13(-7.897e+16,\ 7.91e+16)$
$a_3 = 4.491e+13(-5.43e+16,\ 5.439e+16)$
$b_3 = 1.529e+13(-6.319e+15,\ 6.35e+15)$
$a_4 = -1.85e+12(-8.777e+15,\ 8.774e+15)$
$b_4 = -2.075e+13(-2.266e+16,\ 2.262e+16)$
$a_5 = -5.992e+12(-5.314e+15,\ 5.302e+15)$
$b_5 = 3.338e+12(-6.116e+15,\ 6.122e+15)$
$a_6 = 1.279e+12(-1.864e+15,\ 1.866e+15)$
$b_6 = 9.531e+11(-4.295e+14,\ 4.314e+14)$
$a_7 = 4.986e+10(-7.41e+13,\ 7.42e+13)$
$b_7 = -2.288e+11(-2.765e+14,\ 2.76e+14)$
$a_8 = -1.597e+10(-1.487e+13,\ 1.483e+13)$
$b_8 = 3.49e+09(-1.392e+13,\ 1.392e+13)$
$w = 0.0005383(-0.03666,\ 0.03774)$

Goodness of fit:
$SSE: 1.023e+07$

General model Gauss6: (۴)

$$TS = a_1 exp(-(\frac{TDS - b_1}{c_1})^2) + a_2 exp(-(\frac{TDS - b_2}{c_2})^2) + a_3 exp(-(\frac{TDS - b_3}{c_3})^2) + a_4 exp(-(\frac{TDS - b_4}{c_4})^2) + a_5 exp(-(\frac{TDS - b_5}{c_5})^2) + a_6 exp(-(\frac{TDS - b_6}{c_6})^2)$$

$a_1 = 5223(4034,\ 6412)$
$b_1 = 2606(-1287,\ 6498)$
$c_1 = 3406(-5811,\ 1.262e+04)$
$a_2 = 1e+17(-1.355e+32,\ 1.355e+32)$
$b_2 = 7888(-1.246e+14,\ 1.246e+14)$
$c_2 = 183.5(-4.145e+15,\ 4.145e+15)$
$a_3 = 7212(-3.655e+04,\ 5.098e+04)$
$b_3 = 6295(352.8,\ 1.224e+04)$
$c_3 = 348.6(-1.234e+04,\ 1.304e+04)$
$a_4 = 7765(-3.744e+04,\ 5.297e+04)$
$b_4 = 5528(1943,\ 9113)$
$c_4 = 447.8(-2452,\ 3348)$
$a_5 = 2653(-1698,\ 7003)$
$b_5 = 3336(3122,\ 3549)$
$c_5 = 246.3(-92.66,\ 585.2)$
$a_6 = 5799(-5551,\ 1.715e+04)$
$b_6 = 4378(4030,\ 4726)$
$c_6 = 442.9(-636.2,1522)$

Goodness of fit:
$SSE: 5.798e+07$

R-square: 0.7021

$Adjusted\ R-square$: 0.5653

$RMSE$: 1252

در ارتباط با ضرورت پیش‌بینی TSS_i در بهره‌برداری و راهبری تصفیه خانه‌ی شهرک صنعتی توس مشهد باید اشاره داشت که فاکتور مذکور جزء بخش‌های اساسی در محاسبات سیستم‌های UASB، AG و SG می‌باشد. یکی از مهم‌ترین بخش‌های اهمیت TSS_i در محاسبه و برآورد لجن تولیدی تصفیه‌خانه است. با توجه به اینکه ۶۰٪-۴۰٪ از هزینه‌های بهره‌برداری هر تصفیه‌خانه مربوط به فرآوری لجن می‌باشد، ضرورت پیش‌بینی TSS_i بیشتر مبرهن می‌گردد. همان‌طور که در رابطه‌ی شماره‌ی (۵) مشاهده می‌گردد، TSS یکی از اجزای اساسی در لجن مخلوط تصفیه‌خانه می‌باشد[16].

$$Grit\ Removal \rightarrow Air\ Force \rightarrow Ra.Air\ Force\left(\frac{kg}{m^3 Air}\right)\times Air\ \left(m^3\right)\rightarrow Kg.TSS_i \qquad \textbf{(۵)}$$

همان‌طور که در رابطه‌ی شماره‌ی (۵) مشاهده می‌گردد در سیستم‌های دانه‌گیری هوادهی برای حذف و ته‌نشین‌سازی TSS ورودی، از جریان هوای یک‌طرفه استفاده می‌گردد. از این روی بر مبنای ظرفیت هواده‌ها و با توجه به تخمین و پیش‌بینی TSS_i ورودی می‌توان میزان هوای خروجی از دیفیوزهای هوادهی و به تبع آن انرژی مورد نیاز را بهینه‌سازی نمود.

در ادامه نیز رابطه‌ی شماره‌ی (۶) به میزان درصد حذف TSS_i در حوضچه‌ی ته‌نشینی اولیه می‌پردازد[12].

$$\%\,\text{TSS Removal} = \frac{t}{a+bt} \qquad \textbf{(۶)}$$

$$a = 0.0075 \quad , \quad b = 0.014 \quad , \quad t = \text{Hydrolic Retention Time}$$

که با توجه به تخمین TSS_i ورودی می‌توان حجم لجن روزانه در این تانک را نیز پیش‌بینی نمود.

اما بخش قابل توجهی از TSS_i همواره در لجن بیولوژیکی سیستم‌های بی‌هوازی UASB و هوازی AG وSG سهیم می‌باشد. که در رابطه‌ی شماره‌ی (۷) تشریح شده‌است[12] [8] [17].

$$P_{X,TSS} = \frac{QY\ (S-S_e)}{1-SRT\ (K_d)\%85} + \frac{QY\ (S-S_e)\,K_d\,F_d SRT}{1-SRT\ (K_d)\%85} + QX_{nbvss} + (TSS_i + TVS_i)Q \qquad \textbf{(۷)}$$

$$\frac{VSS}{TSS} = \%85(\text{In The Toos Facility})$$

همان‌طور که از تحلیل روابط فوق پیداست، میزان لجن تولیدی حاصل از TSS را می‌توان برای فرآیندهای تغلیظ، تثبیت و آبگیری برآورد نمود.

۵. نتیجه گیری

در سیستم‌های تصفیه فاضلاب، خصوصاً در شهرک‌های صنعتی که ورودی آن‌ها شامل مجموعه‌ای از فاضلاب‌های مختلف می‌باشد، مانیتورینگ کیفیت فاضلاب ورودی کمک شایانی در راهبری سیستم تصفیه فاضلاب و استفاده بهینه از منابع و همچنین کاهش مصرف انرژی در مسیر بهبود کیفیت پساب خروجی می‌نماید. یکی از این پارامترهای بسیار مهم جهت راهبری سیستم‌تصفیه فاضلاب TSS می‌باشد که در برآورد حجم لجن تولیدی، میزان هوادهی دیفیوزرها نقش مهمی ایفا می‌کند. همچنین از روی پارامتر TSS می توان به مشخصات کیفیت میکروبی پساب بویژه کلیفرم‌های کل(TC[1]) و کلیفرم‌های مدفوعی (FC[2]) پی برد. از آنجایی که اندازه‌گیری TSS مستلزم صرف زمان و هزینه می‌باشد در صورتی که به توان به شیوه ساده‌تری آنرا برآورد نمود کمک شایانی به راهبری سیستم خواهد نمود. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که پارامتر EC که بسیار ساده و سریع قابل اندازه گیری می‌باشد با توجه به میانگین ضریب همبستگی ۰/۹۳ در فصول مختلف در دو ورودی متفاوت دارای ارتباط معنی‌داری با TDS می‌باشد که از روی آن می‌توان مقدار K متوسط را برآورد و در نتیجه TDS را محاسبه نمود. همچنین با استفاده از تحلیل آماری و رگرسیونی مقدار TS از روی TDS فاضلاب قابل برآورد بوده و در نهایت TSS محاسبه خواهد شد.

منابع

[1] کیمیایی، علیرضا.، آذریان، قاسم.، جعفری محب، جواد.، محمد طاهری، ابولفضل؛ بررسی عملکرد لاگون‌هار هوادهی در تصفیه فاضلاب شهرک صنعتی بوعلی همدان، دهمین همایش ملی بهداشت محیط، همدان، ۱۳۸۶.

[2] حسینی، میرمختار؛ دفع فاضلاب در اجتماعات کوچک، چاپ دوم، ارومیه، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ۱۳۸۱، ص۳۶-۳۷.

[3] حسینی، میرمختار.، رحیم زاده، اسماعیل؛ بررسی هوادهی لاگون به کمک هواده مکانیکی در کاهش میزان COD، BOD_5 و TSS در تصفی‌خانه فاضلاب شهر بوکان در سال ۱۳۸۵، دهمین همایش ملی بهداشت محیط،همدان، ۱۳۸۶.

[4] منزوی، محمد تقی؛ تصفیه فاضلاب شهری، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۹، ص۶-۷۴.

[5] میران زاده, محمدباقر.، بابامیر، شکوه السادات؛ بررسی کارایی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک اکباتان تهران طی سال‌های ۸-۱۳۷۹، فصلنامه علمی پژوهشی فیض، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمنی کاشان، شماره ۲۵، ۱۳۸۲، صفحات ۴۰-۴۷.

[6] میران زاده, محمدباقر.، خدادادی، روح اله؛ شهریسوند، بتول.، علی نژاد، عبدالعظیم؛ ارتباط بین غلظت جامدات معلق و کیفیت میکروبی در پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب، دومین همایش ملی بازیافت آب راهبردی اصولی برای بحران آب، تهران، دفتر طرح کلان ملی دانش وفناوری بازیافت پساب‌های شهری صنعتی و کشاورزی دانشگاه تهران، ۱۳۹۳.

[7] Abou-Elela SI, Nasr FA, El-Shafai SA. Wastewater management insmall- and medium-size enterprises: case studies. Environmentalist.2008;28:289-96.

[8] Casey, Thomas Joseph, and T. J. Casey. Unit treatment processes in water and wastewater engineering. West Sussex, England: Wiley, 1997.

[9] Cirja M, Ivashechkin P,ffer AS, Corvini PFX. Factors affecting the removal of organic micro pollutants from wastewater in conventional treatment plants(CTP) and membrane bioreactors (MBR). Review EnvironmentalScienceBiotechnol.2008;7:61-78.

1 Total coliforms
2 fecal coliforms

[10] Kazmi AA, Tyagi VK, Trivedi RC, Kumar A. Coliforms removal in full-scale activated sludge plants in India. Journal of Environmental Management. 2008;87(3):415-9.

[11] MelidisP ,Vaiopoulou E, Aivasidis A. Development And implementation of microbialsensors for efficient process control in wastewater treatment plants.BioprocessBiosystEng.2008;31:277-82.

[12] Metcalf, Eddy, Harrison P. Eddy, and Georg Tchobanoglous. "Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse." McGraw-Hill, New York (1991).

[13] Mungray AK, Patel K. Coliforms removal in two UASB + ASP based systems. International Biodeterioration & Biodegradation. 2011 1//;65(1):23-8.

[14] Moussavi G, Jamal A, Asilian H. Effect of waste activated sludge pretreatment with ozone on the performance of aerobic digestion process. Iranian Journal of Health and Environment. 2009;1(2):89-98 (inPersian).

[15] Pescod MB. Wastewater Treatment and Use in Agriculture .Italy :Food and Agriculture Organization of theUnitedNations;1992

[16] Qasim, Syed R. Wastewater treatment plants: planning, design, and operation. CRC Press, 1998.

[17] Tchobanoglous, George, and Franklin L. Burton. "Wastewater engineering." Management 7 (1991): 1-4.