

شبیه‌سازی کامپیوتری تصفیه‌خانه‌های فاضلاب

مهدی برقی

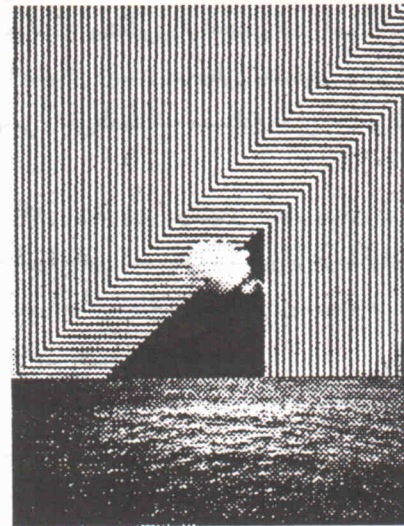
دانشیار مرکز تحقیقات بیوشیمی

دانشگاه صنعتی شریف

را‌دا زراسوند اسدی

کارشناس ارشد محیط زیست

پژوهشگاه صنعت نفت



K.Nagai

امروزه، نرم‌افزارهای گوناگونی در زمینه‌های مختلف زیست محیطی مانند طراحی سیستم‌های جمع‌آوری آب و فاضلاب، سیستم‌های توزیع آب و مسائل مدیریت محیط زیست و غیره طراحی شده است که تهیه این نرم‌افزارها علاوه بر آنکه نیازمند صرف هزینه‌های گزاف است، مشکلات عدیده‌ای از جمله عدم تطابق برخی ضرایب کینتیکی به کار رفته با فاضلابهای ایران، ناهماهنگ بودن هزینه‌های به کار رفته با بازار ایران و عدم دسترسی به فهرست برنامه را شامل می‌شود. علاوه بر آن، کاربرد نرم‌افزارهای تهیه شده خارجی برای شهرهای مختلف ایران با توجه به ناهماهنگی با ضرایب مربوط به شهرهای ایران، مسائل اقتصادی فراوانی را در پی آورده و محدودیتهای گسترده‌ای را سبب می‌شود. براین اساس، نیاز به تهیه مدل‌های کامپیوتری منطبق با مسائل زیست محیطی کشور روز به روز مشخص تر می‌شود تا بدین وسیله بتوان مشخصات، ابعاد و احجام تصفیه‌خانه برای فاضلاب مورد نظر را در مدت زمان کوتاه به دست آورده، عملکرد تصفیه‌خانه را پیش‌بینی نمود. کلیه مؤسسات و شرکت‌های مهندسان مشاور که طراحی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب را به عهده دارند، دریافت‌اند که مراحل طراحی سیستم‌های تصفیه فاضلابهای شهری طولانی است و به دلیل متعدد بودن محاسبات، به‌منظور جلوگیری از بروز اشتباهات احتمالی، لازم است این محاسبات چندین بار تکرار شوند. از این رو، مدلسازی کامپیوتری یکی از راه‌های بسیار مفید برای طراحی و بهره‌برداری از تصفیه‌خانه‌ها به شمار می‌رود. در این مقاله، مبانی و اصول تهیه یک برنامه کامپیوتری، و مزایای کاربرد آن ارائه شده است. همچنین با توجه به روشهای مختلف، برای تصفیه بیولوژیک فاضلابهای شهری نحوه به کارگیری این روشها توضیح داده شده است.

مقدمه

روزانه میلیون‌ها مترمکعب فاضلاب در شهرهای مختلف کشور تولید می‌شود که لازم است قبل از تخلیه به محیط، تصفیه‌گردند. در مقیاس صنعتی، روشهای تصفیه باید قادر به تهیه فاضلاب تصفیه شده‌ای در حد قابل قبول خروجی باشند که بتوان مجدداً از آن استفاده نمود؛ ضمن آنکه بتوان حداقل کنترل و هزینه بهره‌برداری را برای آن مصروف داشت.^[۱] با ورود کامپیوترهای شخصی (PC) و توسعه مدل‌های ریاضی برای طراحی سیستم‌های تصفیه فاضلاب، ابزارهای گوناگونی به‌منظور بهینه‌کردن مراحل طراحی در اختیار طراحان قرار گرفته است که از آن جمله می‌توان مدلسازی سیستم‌های هوشمند، مدلسازی گرافیکی کامپیوتری، شبیه‌سازهای مختلف و سیستم‌های هوش مصنوعی را نام برد. با استفاده از این گونه ابزارها، به میزان قابل ملاحظه‌ای در هزینه‌های

ساخت و طراحی سیستم‌های تصفیه صرفه‌جویی نموده و با کاربرد این مدل‌ها، پیش‌بینی‌های مدل به واقعیت نزدیک‌تر می‌شود و دقت آن افزایش می‌یابد.

بیشتر مدل‌هایی که برای طراحی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به کار می‌روند، براساس فرض شرایط یکنواختی عملیات و شرایط بهره‌برداری به دست آمده‌اند. اگرچه، به دلیل متغیر بودن مداوم بار آلودگی ورودی، شرایط ناپایداری در عمل حکمفرماست.^[۲]

اصول و مبانی مدل‌سازی

به‌منظور حفاظت از آبهای سطحی و جلوگیری از آلودگی این آبها، لازم است سیستم‌های جمع‌آوری و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب توسط مهندسان طراحی و به‌طور بهینه بهره‌برداری و کنترل گردند. برای این منظور، به

ساخت مدل‌های دینامیکی اقدام شده است. هدف از مدل‌های دینامیکی، فشرده و خلاصه کردن کلیه اطلاعات موجود از مشاهدات انجام شده بر تغییرات فرایند است. به این ترتیب یک مدل می‌تواند ابزاری با ارزش در کشف تغییرات به وجود آمده در پارامترها باشد و نتایج حاصل از این تغییرات را به دست آورد. افزون بر آن، یک مدل می‌تواند حساسیت سیستم در مقابل پارامترها را نشان داده و با به کاربردن تجهیزات جمع‌آوری پیوسته اطلاعات به تنظیم و کنترل سیستم بپردازد. در شرح و تفسیر رفتار دینامیکی سیستم‌های تصفیه فاضلاب از انواع مدل‌های مختلف استفاده می‌گردد.[۲]

انواع مدل

تقسیم‌بندی‌های گوناگونی برای مدل‌ها صورت گرفته است. یکی از تقسیم‌بندی‌های متداول که در این زمینه به کار برده می‌شود، مدل‌های موجود را به ترتیب زیر طبقه‌بندی می‌کند:

۱- مدل‌های نمایشی^۱

مدل‌های نمایشی شامل یک نمودار شماتیک است که کلیه اجزای سیستم و روابط بین اجزاء به همراه توضیحات مربوط به هر بخش در آن مشخص است.

۲- مدل‌های لفظی^۲

مدل‌های لفظی شامل فهرستی از شرح وظایف لازم برای اجرای یک پروژه است. از این مدل‌ها معمولاً در برنامه‌های کامپیوتری و هوش مصنوعی استفاده می‌شود و اغلب برای کنترل مستقیم و خودکار سیستم‌ها و تصمیم‌گیری به کار گرفته می‌شوند. ادغام مدل‌های لفظی با مدل‌های ریاضی در خلق برنامه‌های کامپیوتری بسیار متداول است. یک مثال بسیار ساده از این مدل‌ها کنترل ایستگاههای پمپاژ در سیستم‌های تصفیه فاضلاب است. در این حالت، با ترکیب یک جمله و یک عبارت ریاضی می‌توان به کنترل کننده پمپ فرمان لازم را داد.

۳- مدل‌های ریاضی

مدل‌های ریاضی، مدل‌هایی هستند که برای توضیح کیفی سیستم به کار می‌روند و شامل یک یا چند رابطه ریاضی می‌باشند و ورودیها، خروجیها و مشخصات سیستم را به یکدیگر ارتباط می‌دهند. این مدل‌ها شامل انواع گوناگونی از جمله مدل‌های ریاضی تجربی، دینامیکی، مکانیکی و اتفاقی هستند.

۴- مدل‌های فیزیکی

این مدل‌ها سالهاست که توسط مهندسان و محققان به کار گرفته می‌شوند. در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب سه نوع مدل فیزیکی وجود دارد که عبارتند

از: مدل‌های آزمایشگاهی، نیمه‌صنعتی و صنعتی. از طریق مدل‌های آزمایشگاهی امکان پذیر بودن روش بررسی می‌شود، توسط مدل‌های نیمه‌صنعتی پارامترهای طراحی و دیگر اطلاعات کیفی به دست می‌آید و در نهایت آزمایشهای تکمیلی بر روی مدل واقعی انجام می‌پذیرد. بنابراین، یکی از مراحل مهم در مدل‌های فیزیکی انجام دادن آزمایش بر روی پروتوتیپ است.

۵- مدل‌های فازی^۳

این مدل‌ها ارتباط بین کامپیوتر و انسان را - از طریق ترجمه جملات قابل فهم برای انسان به زبان ماشین - بهبود می‌بخشند. توسط این مدل‌ها کلمات دارای مفاهیم انسانی از قبیل زیاد، کم و طبیعی به اعداد قابل فهم برای کامپیوتر تبدیل می‌شوند که به این تبدیل، در اصطلاح "defuzzification" می‌گویند و برعکس اعداد ایجاد شده توسط کامپیوتر به جملاتی قابل فهم برای انسان تبدیل می‌شود که در اصطلاح به آن "fuzzification" گفته می‌شود. مثالی ساده از مدل‌های فازی، سیگنال‌های معمولی ترافیک است که به رنگهای سبز و زرد و قرمز تبدیل می‌شوند و هر یک مفاهیم خاصی برای انسان دارند.[۳]

روش مدل‌سازی

گاه در خلق یک نرم‌افزار لازم است از کلیه مدل‌ها و یا ترکیبی از آنها استفاده کرد. به عنوان مثال، در بخشهای مختلف نرم‌افزار تهیه شده، از مدل‌های فازی، ریاضی، نمایشی و لفظی استفاده شده است. برای نمونه، در بخش فرایند لجن فعال، شکلی از فرایند ارایه گردیده است (نمایشی)، در طراحی واحدهای مختلف از کلیه روابط ریاضی موجود استفاده شده است (ریاضی)، در مراحل طراحی توصیه‌های لازم به طراح داده شده است (فازی) و در ابتدای طراحی نیز فهرستی از روند طراحی تهیه شده است (لفظی).

در عمل مدل‌سازی لازم است در ابتدا، مسأله مورد نظر تعریف و سپس هدف از مدل‌سازی مشخص شود. هدفهای گوناگونی به منظور مدل‌سازی موجود هستند. این اهداف عبارتند از:

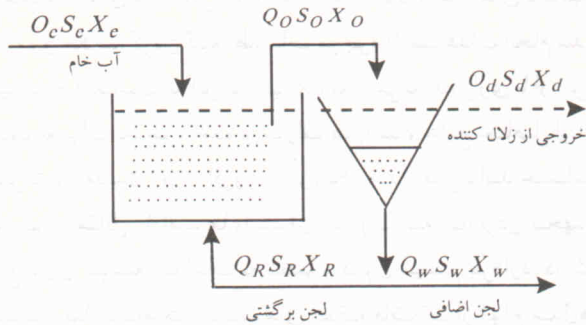
- ۱- طراحی سیستم و تهیه مشخصات لازم برای ساخت؛
- ۲- کنترل سیستم؛
- ۳- راهبری و هدایت اپراتور.

مرحله بعدی در مدل‌سازی تهیه یک طرح اولیه از مدل است و در این مرحله لازم است کلیه متغیرهای مدل تعریف و شناسایی شود. پس از خلق مدل، لازم است کالیبراسیون مدل انجام پذیرد و صحت آن مورد بررسی قرار گیرد.[۴]

ویژگیهای یک مدل کامپیوتری مناسب

برای یک مدل کامپیوتری مطلوب، چند ویژگی اساسی وجود دارد:

- ۱- قابلیت پیشگویی صحیح را داشته باشد.
- ۲- مدیران و سرپرستان را در درک بهتر فرایند کمک نماید.
- ۳- توانایی طراحی فرایندهای پیچیده را دارا باشد و روشهای مناسب تر و اقتصادی تر را ارائه دهد.
- ۴- قابلیت نمایش گرافیکی واحدها را داشته باشد.
- ۵- شرایط مناسب به منظور کنترل بهتر تصفیه خانه را ارائه دهد.
- ۶- قابلیت آشکارسازی حساسیت های سیستم را داشته باشد.
- ۷- در حین اجرای برنامه تسهیلات لازم برای کاربر را فراهم نماید.
- ۸- امکان دریافت پارامترهای مورد نیاز را از صفحه نمایش فراهم نماید. [۴۳]



شکل ۱- سیستم لجن فعال به همراه کلیه پارامترهای به کاررفته در بیلان جرم.

آلی ذخیره شده در سلول (C)، می توان روابط تعادل جرم را به ترتیب زیر بیان نمود:

$$V \cdot \frac{dS_a}{dt} = Q_e \cdot S_e + Q_R \cdot S_R - (Q_e + Q_R) S_R \quad (1)[4]$$

$$V \cdot \frac{dX_a}{dt} = Q_e \cdot X_e + Q_R \cdot X_R - (Q_e + Q_R) X_a \quad (2)[4]$$

$$V \cdot \frac{dC}{dt} = Q_R \cdot C_R - (Q_e + Q_R) \cdot C \quad (3)[4]$$

پس از حل معادلات مدل مناسب به دست می آید و کیفیت پیشگویی مدل از طریق نتایج حاصل از پایلوت آزمایشگاهی لجن فعال قابل ارزیابی است.

۲- مدل به کار رفته توسط Andrews که براساس تغییرات بایومس در حوضچه هوازنی عمل می کند. در این مدل، بایومس هتروتروف براساس سه نوع ترکیب بیان می شود. این سه نوع ترکیب شامل ترکیبات ذخیره شده، ترکیبات فعال و ترکیبات خنثی است که روابط بین این ترکیبات در شکل ۲ نشان داده شده است. [۴]

در این مدل، فرض بر این است که مواد آلی در مرحله اول ذخیره می شوند. سپس بخشی از این مواد به مواد فعال تبدیل می شوند و بقیه آن اکسید شده و تولید انرژی می کند. مواد فعال نیز در ادامه فعالیت خود به مواد خنثی تبدیل می شوند. میزان جذب مواد آلی در مدل به غلظت سوبسترات محلول و میزان مواد هتروتروف موجود بستگی دارد. بنابراین، روابط تعادل جرم به صورت زیر نوشته می شود:

$$R_s = X_t US_{\max} [FS_{\max} \cdot S / (KS + S) - F_s] \quad (4)[6]$$



شکل ۲- ارتباط بین ترکیبات ذخیره شده، فعال و خنثی در بایومس.

روابط ریاضی به کار رفته برای شبیه سازی سیستم تصفیه خانه

از آنجایی که ارایه کلیه روابط به کار رفته در طراحی نرم افزار فوق خارج از حوصله این مقاله می باشد، به ارایه برخی از روابط ریاضی به کار رفته در طراحی برخی واحدها همچون طراحی سیستم لجن فعال و حوضچه ته نشینی اکتفا می شود.

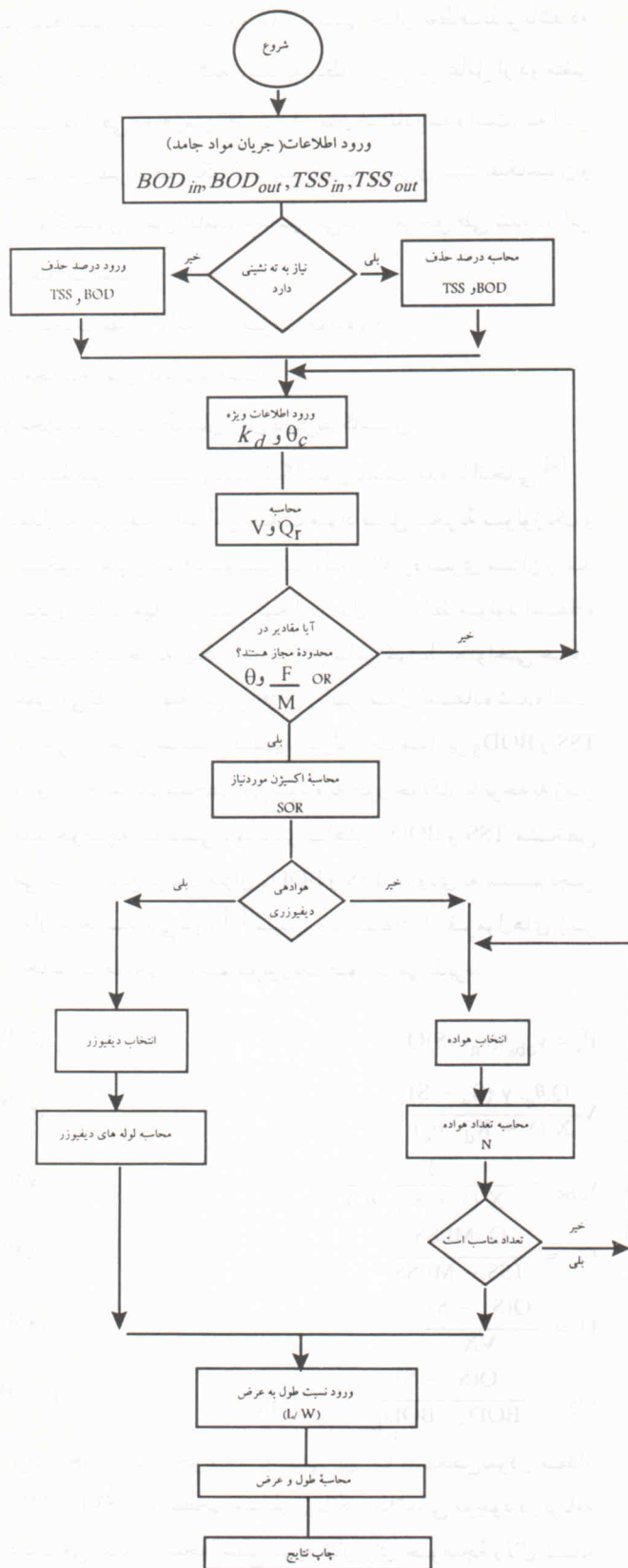
سیستم تصفیه بیولوژیک

به منظور طراحی فرایند لجن فعال، مدل های بسیاری در دسترس است که برخی برای طراحی و پیشگویی در شرایط یکنواخت و برخی دیگر در شرایط غیر یکنواخت به کار می روند. هریک از این مدل ها دارای مزایا و معایبی هستند. [۲] برخی از مدل های به کار رفته در سیستم تصفیه بیولوژیک لجن فعال در زیر اشاره می شود که اکثر محققان و طراحان، عملیات طراحی را براساس این فرمولها انجام می دهند. [۵]

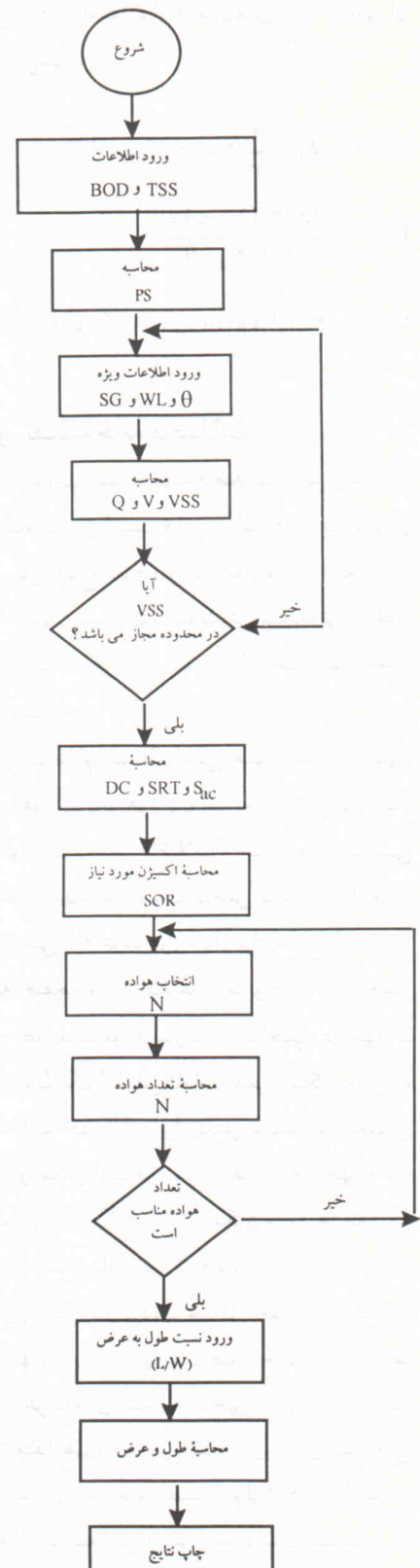
۱- مدل به کار رفته براساس متغیرهای BOD، MLVSS و میزان جذب مواد براساس رشد میکروارگانیسم ها، اساس این مدل، اندازه گیری میزان غلظت کربن آلی موجود در سیستم تحت شرایط غیر یکنواخت است.

طبق بررسیهای انجام شده برای بیان رفتار دینامیکی فرایندهای لجن فعال، پارامتر کربن مناسب است و در نتیجه روابط تعادل جرم براساس کربن آلی محلول نوشته می شود. [۴]

در این مدل با توجه به شکل ۱، تعادل جرم برای مواد آلی موجود در حوضچه هوازنی نوشته می شود.
با در نظر گرفتن مواد آلی محلول (S_a)، بایومس تولید شده (X_a) و مواد



شکل ۴- نمودار هاضم هوازی



شکل ۳- نمودار حوضچه هوازی

هاضم صورت می‌پذیرد. برای این کار، ظرفیت هاضم از دو طریق تخمین براساس دبی و تخمین بر اساس عامل بار مواد فرار به دست می‌آید و ظرفیت بیشتر انتخاب می‌گردد. با استفاده از فرمول‌های زیر عواملی از قبیل حجم هاضم محاسبه می‌شوند:

$$V_1 = [Q_{in} - \frac{2}{3}(Q_{in} - Q_{out})] D_T \quad (11)[A]$$

$$P_x = \frac{yQES_o(10^3 \text{g/kg})^{-1}}{1 + K_d \cdot \theta_c} \quad (12)[A]$$

$$V_2 = 0.35 \Delta m^3/\text{kg} \{EQ_{S1}S_o(10^3 \text{g/kg})^{-1} - 1/42(P_x)\} \quad (13)[A]$$

شبیه‌سازی مدل‌های تصفیه‌خانه فاضلاب

نرم‌افزار تهیه‌شده به منظور طراحی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری شامل مراحل آشغالگیری، ایستگاه پمپاژ (پمپ‌های ساترئیفوژ، پمپ‌های ماریپچ)، اندازه‌گیری جریان (انواع فلوم مثل پارشال فلوم)، دانه‌گیری (به کمک تزریق هوا، با کنترل سرعت)، ته‌نشینی مقدماتی (مقطع مستطیلی، مقطع دایره‌ای)، تصفیه لجن فعال (متداول، اختلاط کامل، تثبیت تماسی) و کلرزنی است.

در بخش تصفیه بیولوژیک علاوه بر طراحی حوضچه هوازنی، زلال‌کننده و هاضم‌ها نیز (هوازی - بی‌هوازی) طراحی می‌شوند. به منظور آشنایی با برخی آلوده‌کننده‌های فاضلاب و نیز تعیین برخی عوامل کینتیکی، در نرم‌افزار تهیه‌شده یک بخش بانک اطلاعاتی پیش‌بینی شده که حاوی برخی اطلاعات مورد نیاز برای طراح است. با اجرای هر بخش از برنامه، صفحه ورود اطلاعات مربوط به آن بخش ظاهر می‌گردد که با ورود اطلاعات مورد نیاز برای طراحی، در نهایت کلیه اطلاعات مورد نیاز توسط یک گزارش کامل به همراه اشکال مربوطه ارائه می‌شود. به‌منظور انتخاب تجهیزات و ابزار دقیق، برنامه توصیه‌هایی در این زمینه ارائه می‌دهد و امکان اضافه نمودن هرگونه تجهیزات و وسایل ابزار دقیق را فراهم می‌کند.^[9] همچنین، امکان ورود هزینه برای هر دستگاه طراحی شده است. بنابراین، نرم‌افزار تهیه‌شده از یک انعطاف‌پذیری بسیار خوبی برخوردار بوده با حداقل آموزش به کاربر، قابل اجراست. در گزارش نهایی برنامه، فهرست صورت‌حساب هزینه‌ها نیز ارائه می‌گردد که شامل هزینه‌های ساخت، تجهیزات و ابزار دقیق است. در این برنامه از مدل‌های ریاضی بسیاری برای طراحی آشغالگیری، دانه‌گیری، پمپاژ، راکتورهای تصفیه بیولوژیک، زلال‌کننده و تغلیظ‌کننده‌های واحدهای تصفیه لجن استفاده شده است. همچنین در این نرم‌افزار به منظور طراحی سیستم لجن فعال از روابط تعادل جرم

عامل مهم دیگر در طراحی سیستم‌های لجن فعال، نیتروفیکاسیون و دنیتروفیکاسیون است. از این رو، مدل بایستی چنان انعطاف‌پذیر باشد که بتواند این عامل را دربرداشته باشد. به منظور درج این عامل از دو متغیر «ضریب هوادهی» و «زمان اقامت» در مدل استفاده شده است. به این ترتیب، با در نظر گرفتن یک ضریب اطمینان برای نیتروفیکاسیون و دنیتروفیکاسیون، زمان اقامت محاسبه می‌گردد. مراحل طی شده در این مدل عبارت است از:

الف) انتخاب مقدار اولیه برای ضریب هوادهی؛

ب) محاسبه زمان اقامت مناسب؛

ج) محاسبه ضریب اطمینان برای دنیتروفیکاسیون؛

د) مقایسه ضریب اطمینان دنیتروفیکاسیون بدست آمده با انتخابی.^[6]

۳- مدل به کار رفته براساس جذب مواد قابل تجزیه بیولوژیک و پیشگویی میزان حذف سوبسترات اولیه با اندازه‌گیری میزان رشد میکروارگانیسمها. به منظور تهیه این مدل، از روابط مونود استفاده می‌شود. با توجه به اینکه، این مدل براساس شرایط یکنواختی جریان عمل می‌کند، در تهیه این نرم‌افزار از این مدل استفاده شده است. بررسی طراحی سیستم تصفیه بیولوژیک مقادیر BOD_5 و TSS ورودی به سیستم مشخص می‌شود و به طور خودکار با توجه به زمان ماند حوضچه ته‌نشینی، مقادیر کاهش BOD_5 و TSS مشخص می‌شود و بدین ترتیب میزان BOD_5 و TSS ورودی به سیستم لجن فعال محاسبه می‌شود.^[7] سپس با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبات طراحی سیستم بیولوژیک صورت می‌پذیرد:

$$P_x = y_{obs} (s_n - S)Q \quad (5)[V]$$

$$V = \frac{Q \cdot \theta_c \cdot y (S_o - S)}{X (1 + K_d \cdot \theta_c)} \quad (6)[V]$$

$$y_{obs} = \frac{y}{X (1 + K_d \cdot \theta_c)} \quad (7)[V]$$

$$O_r = \frac{Q \cdot MLSS}{TSS - MLSS} \quad (8)[V]$$

$$U = \frac{Q(S_o - S)}{VX} \quad (9)[V]$$

$$O_2 = \frac{Q(S_o - S)}{BOD_5 / BOD_L} - 1/42 P_x \quad (10)[V]$$

برای محاسبه ابعاد حوضچه ته‌نشینی نیز با مشخص نمودن مقدار $SVI \times MLSS$ ، بار سطحی متناظر از بانک اطلاعاتی موجود در برنامه به دست می‌آید و در نتیجه، سطح مورد نیاز برای حوضچه زلال‌کننده محاسبه می‌شود. به دنبال طراحی سیستم بیولوژیک محاسبات مربوط به

۸- معادلات ریاضی همجنس توسط میکروارگانسیم‌ها (هوازی-بی‌هوازی)؛

۹- معادلات ریاضی مربوط به محاسبه میزان هوای مورد نیاز و محاسبه دیفیوزرها و هوادها.

کلید مدل‌های ریاضی که در مدلسازی به کار گرفته شده‌اند براساس اصول فیزیکی، از طریق معادلات ریاضی و یا توسط روابط تجربی که در زمینه طراحی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب موجودند، تعیین شده‌اند. در مورد برخی واحدها از تلفیق مدل‌های ریاضی و تجربی استفاده شده است. در بسیاری از موارد برای طراحی بخشهای مختلف سیستم، لازم است از نمودارهایی که در این زمینه موجود است استفاده شود. به منظور قابل استفاده نمودن این نمودارها در برنامه، کلید نمودارها با روش Curve fitting به فرمول تبدیل شده‌اند که برخی از این نمودارها در اشکال ۵ الی ۸ نشان داده شده است.

استفاده شده و بیلان جرمی برای راکتورهای بیولوژیک نوشته شده است و در نهایت از طریق حل این معادلات، سیستم طراحی گردیده است.

در طراحی بخشهای مختلف این نرم‌افزار از مدل‌های مختلف ریاضی استفاده شده است که برخی از این مدل‌ها عبارتند از:

۱- مدل برنولی در محاسبات آشغالگیری؛

۲- روابط داری-ویسباخ و هیزن-ویلیامز برای محاسبات افت در پمپاژ؛

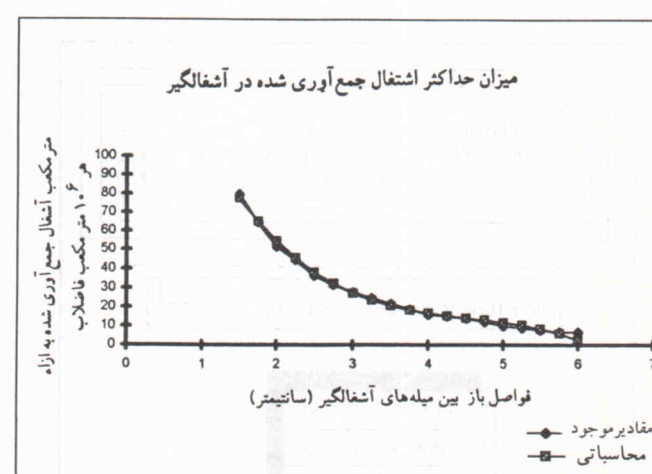
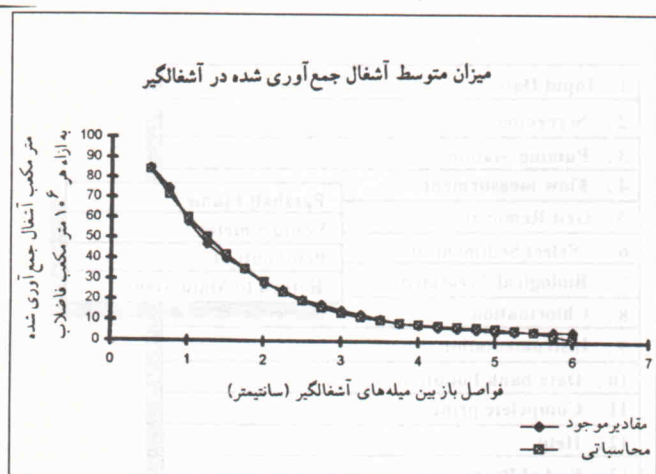
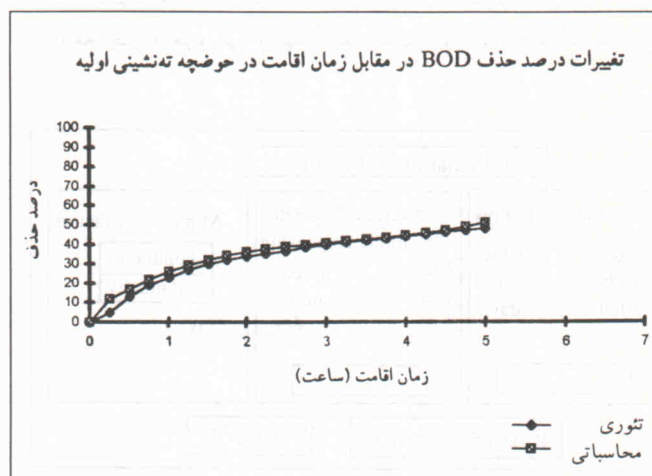
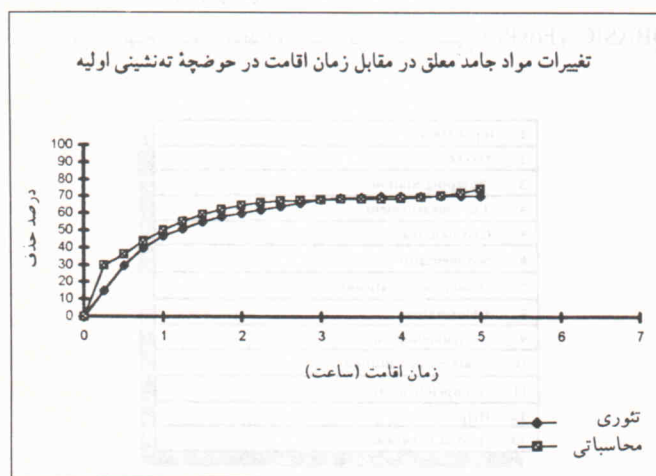
۳- مدل‌های ریاضی محاسبات سرریزها؛

۴- مدل ریاضی ضریب بازدهی (تغییرات میکروارگانسیم‌ها نسبت به تغییرات سوبسترات)؛

۵- مدل ریاضی مونود برای رشد میکروارگانسیم‌ها در برابر ماده غذایی؛

۶- مدل ریاضی زمان ماند سلولی؛

۷- کاربرد معادلات ریاضی در ته‌نشینی؛



شکلهای ۵ الی ۸ - مقایسه فرمولهای به دست آمده از روش Curve fitting با نمودارهای موجود.

جدول ۱

خطای پیشینه	نمودار
۴/۵	میانگین مواد زاید در آشغالگیری
۴/۲۳	ماکزیم مواد زاید در آشغالگیری
۸/۵	درصد حذف BOD در ته نشینی اولیه
۵/۶	درصد حذف TSS در ته نشینی اولیه

نوشته شده است. کلیه منوهای طراحی شده توسط زبان برنامه نویسی FoxPro ایجاد شده و به همین دلیل از سهولت بسیار زیادی برای کاربر برخوردار است. اشکال گرافیکی نیز توسط زبان QBASIC تهیه گردیده اند که قابل چاپ بر روی چاپگر هستند.

برنامه شامل یک منوی اصلی حاوی کلیه انتخابهاست. با انتخاب هر بخش و فشار دادن کلید Enter زیر منوی بخش انتخاب شده ظاهر، و مراحل مربوط به آن بخش دنبال می شود. برنامه شامل یک برنامه اصلی و ۳۷ برنامه فرعی است که برنامه اصلی وظیفه کنترل برنامه به زیر برنامه های فرعی را بر عهده دارد. با انتخاب هر بخش از بخشهای ذکر شده در منوی اصلی، زیر برنامه مربوطه باز یابی می شود و برنامه به بخش بعدی یا زیر برنامه بعدی هدایت می شود. به منظور آشنایی با فضای برنامه صفحاتی از برنامه در اشکال ۹ الی ۱۲ نشان داده شده است.

در جدول ۱ حداکثر خطای حاصل از Curve fitting برای هر نمودار ارایه شده است. در برخی موارد نیز برای تهیه برنامه، به منظور حل معادلات به دست آمده در طراحی، از روشهای حل معادلات استفاده شده است که برخی از این روشها شامل روش نیوتن-رافسون، روش سعی و خطا و روش حل معادلات جبری (درجه ۲ و ۳) است. برای آنکه روش طراحی واحدها بهتر مشخص شود نمودار برخی واحدها ارایه می گردد. کلیه متغیرها در پیوست معرفی شده اند.

کنترل صحت نتایج حاصل از مدل

به منظور بررسی و ارزیابی صحت نتایج حاصل از برنامه نوشته شده، برنامه اجرا و خروجی آن تهیه شده است. با ورود اطلاعات عمومی و

مشخصات نرم افزار تهیه شده

نرم افزار تهیه شده توسط دو زبان برنامه نویسی FoxPro و QBASIC

شکل ۱۰ - صفحه ورود اطلاعات

شکل ۹ - منوی اصلی برنامه

شکل ۱۲ - صفحه مربوط به ورود پارامترهای طراحی در ته نشینی

شکل ۱۱ - بخش اندازه گیری جریان

DESIGN CRITERIA OF SEWAGE TREATMENT PLANT

- Average daily flow : 0.347 cubic meter / sec (INPUT)
- Maximum hourly peak flow : 0.417 cubic meter / sec
- Minimum flow : 0.069 cubic meter / sec
- Expected combined B.O.D : 250.000 mg / Lit (INPUT)
- 7500.000 kg / day
- Expected suspended solid : 260.000 mg / Lit (INPUT)
- The treatment plant shall be extendable for an average daily flow of 0.463 cubic meter/ sec with expected combined B.O.D of 10000.000 kg / day and expected combined suspended solid of 10400.000 kg / day .

COST OF CONCRETE CONSTRUCTION

=====
** All costs in 1000 Rials **

- Cement (300kg) & Sand (700 kg)	10000.000
- Armature (100kg)	8000.000
- Cost of Wooden Cast	5000.000
- Cost of Lumber	4000.000
- Cost of Mixing	5000.000
- Concrete Operation	10000.000
- Cost of Transportation	5000.000

FLOW MEASUREMENT

STANDARD DIMENSION OF PARSHALL FLUME

- W : The width of the throat (mm)	600.00
- A : The length side of upstream (mm)	1525.00
- B : The length of upstream (mm)	1495.00
- C : The width of diverging section (mm)	900.00
- D : The width of converging section (mm)	1205.00

COST OF PARSHALL FLUME

Cost of parshall flume (Rials) : XXXXX

هزینه‌های ساختمانی و تجهیزات را ارایه می‌دهد. این برنامه وابسته به سخت افزار نبوده و بر روی کلیه کامپیوترهای 486 به بالا قابل اجراست. افزون بر این موارد، کار با آن بسیار آسان بوده و نیاز به حداقل آموزش را داشته و در نهایت از آن جهت که فهرست برنامه (Source) است، اصلاح و تغییر هر بخش از آن امکان پذیر بوده و امکان به روز نمودن برنامه میسر است. در خروجی برنامه، در هر بخش کلیه پارامترهای لازم ارایه می‌گردد. در مقابل اکثر پارامترهای به دست آمده، محدوده مجاز ارایه می‌گردد تا امکان مقایسه عدد بدست آمده توسط محاسبات برنامه با محدوده مجاز فراهم شود. پس از انجام محاسبات مربوط به هر واحد، پنجره مربوط به ورود تجهیزات و ابزار دقیق ظاهر شده و امکان انتخاب

اطلاعات اختصاصی هر بخش و اجرای آن بخش، نتایج حاصل از طراحی به دست می‌آید. کلیه نتایج به دست آمده از کامپیوتر از طریق محاسبات دستی کنترل شده و اصلاحات لازم بر روی آن انجام پذیرفته است. در این بخش، خلاصه‌ای از نتایج طراحی پارشال فلوم و راکتور بیولوژیک ارایه شده است.^[۱۰]

بحث و نتیجه گیری

مدل کامپیوتری تهیه شده برای تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری در کوتاه‌ترین زمان ممکن کلیه اطلاعات مورد نیاز برای طراحی سیستم تصفیه‌خانه اعم از ابعاد واحدها، مشخصات آنها، تجهیزات مورد نیاز و

$BOD = BOD_{out}$ BOD خروجی
 Per-BOD = درصد کاهش BOD در نتیجه ته نشینی
 Per - TSS = درصد کاهش TSS در نتیجه ته نشینی
 $SRT =$ زمان اقامت لجن
 $TSS_{in} =$ TSS ورودی
 $TSS_{out} =$ TSS خروجی
 OR = اکسیژن مورد نیاز
 $L =$ طول حوضچه هوازنی (هاضم)
 $W =$ عرض حوضچه هوازنی (هاضم)
 VSS = مواد جامد فرار
 $F/M =$ نسبت ماده غذایی به میکروارگانیسم

تجهیزات موجود در لیست فراهم می‌گردد، در صورتی که طراح قصد اضافه کردن تجهیزات خاصی را به لیست موجود داشته باشد، این امکان نیز فراهم شده است. پس از انتخاب تجهیزات، می‌توان هزینه‌های هر دستگاه را در پنجره مربوطه وارد نمود و در نهایت مجموع هزینه‌های تجهیزات، ابزار دقیق و حدود هزینه‌های ساختمانی را تخمین زد. به منظور نمایش برخی واحدها و نیز رسم پروفیل هیدرولیکی، در منوی مربوط به هر واحد، دستور رسم اشکال گرافیکی آن واحد قرار داده شده است که با انتخاب کلید مربوط به آن می‌توان اشکال را بر روی صفحه موبیتور یا چاپگر رسم نمود. در انتهای برنامه هزینه‌های مربوط به آن واحدها به همراه خلاصه‌ای از کلیه ابعاد واحدها (foot print) نیز ارائه می‌گردد.

ضمیمه

متغیرهای به کار رفته در متن مقاله عبارتند از:

$$R_s = \text{میزان جذب مواد محلول (m/l}^3 \cdot \text{t)}$$

$$X_t = \text{غلظت کل مواد هتروتروف (m/l}^3 \text{)}$$

$$F_s = \text{نسبت مواد هتروتروف به کل مواد موجود}$$

$$US_{max} = \text{حداکثر سرعت جذب مواد محلول}$$

$$FS = FS_{max} \text{ حداکثر}$$

$$KS = \text{ضریب اشباع برای مواد محلول (m/l}^3 \text{)}$$

$$S_a = \text{مواد آلی محلول}$$

$$X_a = \text{بیومس تولید شده}$$

$$C = \text{کربن آلی ذخیره شده در سلول}$$

$$K_d = \text{ضریب مرگ (d}^{-1} \text{)}$$

$$O_2 = \text{میزان اکسیژن مصرفی}$$

$$Q = \text{دبی ورودی (m}^3 \text{/d)}$$

$$S_o = \text{غلظت BOD}_5 \text{ ورودی (mg/l)}$$

$$S = \text{غلظت BOD}_5 \text{ خروجی (mg/l)}$$

$$q_c = \text{زمان اقامت سلولی (روز)}$$

$$U = \text{نسبت مواد مغذی به میکروارگانیسم (d}^1 \text{)}$$

$$X = \text{غلظت MLVSS (mg/l)}$$

$$V_1 = \text{حجم هاضم (m}^3 \text{)}$$

$$Q_{in} = \text{میزان لجن ورودی (m}^3 \text{/d)}$$

$$Q_{out} = \text{میزان لجن خروجی (m}^3 \text{/d)}$$

$$D_T = \text{زمان اقامت (d)}$$

$$P_x = \text{میزان مواد جامد تولید شده (kg/d)}$$

$$Q_{SL} = \text{دبی لجن (m}^3 \text{/d)}$$

$$V_2 = \text{حجم گاز متان تولید شده (m}^3 \text{/d)}$$

$$BOD = BOD_{in} \text{ ورودی}$$

پانوشتها

1. Visual Model
2. Linguistic Model
3. Fuzzy Model

منابع

1. Jenke, D.R. "Computer simulation of an industrialwastewater treatment process", *Water Res*, **19**, (6), pp 719-724 (1985).
2. Tanthapanichakoon, W. "Simulation of a time dependent activated sludge wastewater treatment plant", *Water Res*, **15**, pp 1185-1195 (1981).
3. Andrews, J. F. "Modeling and simulation of wastewater treatment process", *Wat. Sci. Tech.*, **28** (11-12), pp 141-150 (1993).
4. Perdrieux, S. "Modeling the dynamics of the activated sludge wastewater treatment process in terms of the carbon variable", *Water Res.*, **14**, pp 1333-1344 (1980).
5. Hydroinformati 94 Conference.
6. Batchelor, R.H. "Kinetic analysis of alternative configurations for single-sludge nitrification/ denitrification", *Journal WPCF*, **54**, p 1(1982).
7. Ramalho, R.S. *Introduction to Wastewater Treatment Processes* (1983).
8. Qasim, S. R.M. *Wastewater Treatment Plants Planning Design and Operation*, Technomic Pub (1994).
9. Cheremisinoff, N. P. *Encyclopedia of Fluid mechanics*, **5** (1986).
10. Stokes, L. "Dynamic Modelling of an ASP sewage works-A case study", *Wat. Sci. Tech.*, **28**, (11-12), pp 151-161 (1993).