A Software for Design of Activated Sludge Base on Marasis Method

Taheriun, M. (M.Sc.), Water and Wastewater Consulting Engineering
Azimi, A. (Ph.D), Tehran University

Abstract

The development of performance and ability of computers in rapid calculation and graphic capacity plus providing a user friendly environment has caused the wide usage of computer softwares to solve complicated and difficult problems. This has become more important in water and wastewater engineering, especially in the design of wastewater treatment plant. In this article in order to design activated sludge process based on Marais method which consists of numerous parameters and complicated calculation, a computer program was written in Visual Basic 6. This program includes two basic part : carbon and nitrogen removal. Input parameters consists of main input parameters like flowrate, influent COD, temperature and other biological parameters are entered in the part of carbon removal as data . In nitrogen removal section by entering other input parameters like influent TKN , kinetics parameters process design program is run in two parts of nitrification and denitrification . At last, output parameters are presented in numbers, tables and graphs. This program has a high graphical ability due to the applied language plus existing an appropriate help. So it is a userfriendly program and then it can be very useful in design of WWTP with activated sludge process.

تهیه نرم‌افزار طراحی فرایند لجن فعال به روش پروفسور مارایز

مسعود طاهریون* علی‌اکبر عظیمی**

(دریافت ۸۰/۱/۲۰ پذیرش ۸۰/۹/۱۰)

چکیده

با پیشرفت عملکرد و قابلیت کامپیوترها در زمینه سرعت محاسبات، ظرفیت گرافیکی و ایجاد محیط ساده و راحت برای کاربر، استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری در حل مسائل پیچیده و مشکل مهندسی بسیار متداول گشته است. این مسئله در مهندسی آب و فاضلاب و به خصوص طراحی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب روز به روز اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. در این مقاله به منظور طراحی فرایند لجن فعال با رویکرد به روش مارایز، که شامل پارامترهای زیاد و محاسبات پیچیده می‌باشد، یک برنامه کامپیوتری به زبال ویژوال بیسیک ٦ معرفی می‌گردد. این برنامه شامل دو بخش حذف کربن و حذف نیتروژن می‌باشد. پارامترهای ورودی شامل پارامترهای ورودی اصلی نظیر دبی، COD فاضلاب ورودی، دما و سایر پارامترهای بیولوژیک در قسمت حذف کربن به عنوان داده به برنامه وارد می‌شود. در قسمت حذف نیتروژن با ورود پارامترهای اولیه مانند TKN ورودی، پارامترهای سینتیکی و دیگر پارامترها، برنامه طراحی فرایند در دو قسمت نیترات‌سازی و نیترات‌زدایی انجام می‌شود و پارامترهای خروجی به صورت عدد، جدول و نمودار ارائه می‌گردد. این برنامه با توجه به زبان برنامه‌نویسی مورد استفاده از قابلیت گرافیکی زیادی برخوردار است، و ضمن راهنمایی‌های لازم در حین انجام برنامه، یک برنامه کاربر دوست به شمار می‌آید، و در طراحی تصفیه‌خانه به روش لجن فعال می‌تواند بسیار مؤثر واقع شود.

واژه‌های کلیدی : لجن فعال، حذف کربن، حذف نیتروژن، نیترات‌سازی، نیترات‌زدایی.

مقدمه

در دهه‌های اخیر پیشرفت و عملکرد کامپیوترها در زمینه سرعت محاسبات، ظرفیت گرافیکی و ایجاد محیط ساده برای کاربر و هزینه متوسط، منجر به تولید نرم‌افزارهای کارآمد و مفید در حل مسائل پیچیده مهندسی شده است. در فناوری تصفیه فاضلاب نیز امروزه کامپیوتر به عنوان ابزار پیشرفته و دقیق در طراحی، کنترل و راهبری واحدهای تصفیه‌خانه فاضلاب به کار می‌رود. این امر علاوه بر صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌های مربوط به انرژی، مواد شیمیایی و نیروی انسانی، موجب کاهش احتمال بروز خطا در محاسبات و کنترل‌ها می‌شود. در طراحی فرایندهای تصفیه فاضلاب علاوه بر دخالت عوامل و پارامترهای متعدد در مراحل طراحی، معمولاً یک روال سعی و خطا برای رسیدن به نتایج مناسب و قابل قبول لازم است. بنابراین، نرم‌افزار کامپیوتری ابزار مفید و مؤثری در نیل به این منظور فراهم می‌نماید. واضح است که کارایی و میزان تأثیر این نرم‌افزارها بستگی به توانایی‌ها و قابلیت انعطاف‌پذیری آنها دارد.

به طور کلی، تهیه نرم‌افزار در تصفیه فاضلاب از اوایل دهه ۱۹۷۰ آغاز گردید و به عنوان اولین نرم‌افزارها می‌توان نرم افزار EPA (۱۹٦۸) و نرم‌افزار SEPSIM مربوط به سازمان محیط زیست کانادا (۱۹۷٤) را در این زمینه نام برد [٦]، و پس از آن نرم‌افزارهای CAPDET (۱۹۸۷) و SIMTAR (۱۹۹۲) [۷ و ۱۱] که تاکید بر ایجاد محیط گرافیکی و ساده برای کاربر ایجاد شد، داشتند. مشکل این نرم‌افزارها علیرغم قابلیت‌های قابل توجه آنها، استفاده از مدل‌های قدیمی و معمول در تصفیه بیولوژیک فاضلاب و عدم طراحی یک تصفیه تکمیلی فاضلاب بوده است. اخیراً برنامه‌های دیگری بر اساس شبیه‌سازی دینامیکی

*کارشناس ارشد مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب

** استادیار دانشگاه تهران

فرایندهای تصفیه بیولوژیک تهیه شده است، که هنوز محدودیت‌های زیادی در کاربرد عملی در طراحی‌ها دارد [۵و۸].

فرایند لجن فعال یکی از متداول‌ترین فرایندهای تصفیه بیولوژیک فاضلاب است که به صورت هوازی با رشد معلق باکتری همراه با برگشت لجن می‌باشد [۲ و ٤]، و روش پروفسور مارایز یک روش جدید و کامل مبتنی بر فرضیات دقیق و پارامترهای بیشتر نسبت به روش‌های متداول است. پروفسور مارایز استاد بازنشسته دانشگاه کیپ تاون آفریقای جنوبی است که در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۵ این روش را در کنفرانس‌های بین‌المللی ارائه داده است. از آن‌جا که محاسبات طراحی به روش فوق به صورت دستی پیچیده، وقت‌گیر و همراه با احتمال زیاد در خطا است، نرم‌افزاری برای سهولت در امر طراحی تدوین شده است که در این مقاله معرفی می‌شود.

معرفی روش پروفسور مارایز [۳ و ۹]

این روش در سال ۱۹۹٤ به صورت جزوه‌ای تحت عنوان " تصفیه فاضلاب با فرایند لجن فعال " توسط موسسه دلفت[1] هلند منتشر و کلیه فرضیات، فرمول‌ها، روابط و مراحل طراحی به صورت جزئی و کامل در آن تشریح شده است. در این‌جا تنها به معرفی مختصر روش فوق به همراه فرضیات و مزیت‌های آن پرداخته می‌شود و خواننده برای اطلاعات بیشتر می‌تواند به مرجع ۹ مراجعه نماید. در پایان مقاله فهرست کلیه پارامترهای به کار رفته در این روش آمده است.

روش مارایز طراحی فرایند را در دو بخش حذف کربن و حذف نیتروژن انجام می‌دهد، که حذف نیتروژن شامل فرایندهای نیترات‌سازی و نیترات‌زدایی می‌باشد. روند طراحی به گونه‌ای است که در هر بخش از نتایج بخش قبل استفاده می‌شود و این روند به ترتیب حذف کربن، نیترات‌سازی و نیترات‌زدایی انجام می‌گیرد.

طراحی بر مبنای کل COD فاضلاب ورودی است که توسط ضرایب تجربی به بخش‌های قابل تجزیه و غیر قابل تجزیه بیولوژیک به صورت محلول و نامحلول تقسیم می‌شود، و آنچه مبنای محاسبات قرار می‌گیرد بخش قابل تجزیه بیولوژیک آن است. پارامتر BOD_5 با توجه به اشکالاتی که دارد، نظیر عدم تطبیق شرایط آزمایشگاهی با شرایط واقعی و ۵ روزه بودن، نمی‌تواند معیار مناسبی در طراحی قرار گیرد.

هم‌چنین، تفکیک غلظت MLVSS به اجزای فعال، غیر فعال و باقی‌مانده خودخوری و تأکید بر جزء فعال MLVSS به عنوان اساس طراحی سیستم، از مزایای دیگر این روش به شمار می‌آید که بر دقت محاسبات می‌افزاید. در قسمت حذف نیتروژن مفاهیمی نظیر ظرفیت نیترات‌سازی Nc (جرم نیتراتی که به ازای واحد حجم جریان تولید می‌شود) و ظرفیت نیترات زدایی Dp (حداکثر غلظت نیتراتی که توسط سیستم حذف می‌شود) و جزء لجن هوادهی نشده fxt (درصدی از باکتری‌های نیترات‌ساز غیر فعال که در ناحیه هوادهی نشده راکتور قرار دارند) در فرایند به کار گرفته می‌شود و غلظت TKN ورودی به صورت تفکیک شده به اجزای نیتروژن آمونیاکی، آلی قابل تجزیه و غیر قابل تجزیه بیولوژیک در محاسبات فرایند وارد می‌گردد. با فرضیات فوق معادلات تعادل جرمی که تشکیل می‌شود صحت و دقت زیادی دارند، و محاسبات به واقعیت نزدیک‌تر است. کاستی‌های موجود در روش‌های متداول طراحی فرایند لجن فعال عمدتاً شامل فرضیات ساده کننده و مبانی طراحی به صورت حدود تجربی پارامترهای ورودی می‌باشد.

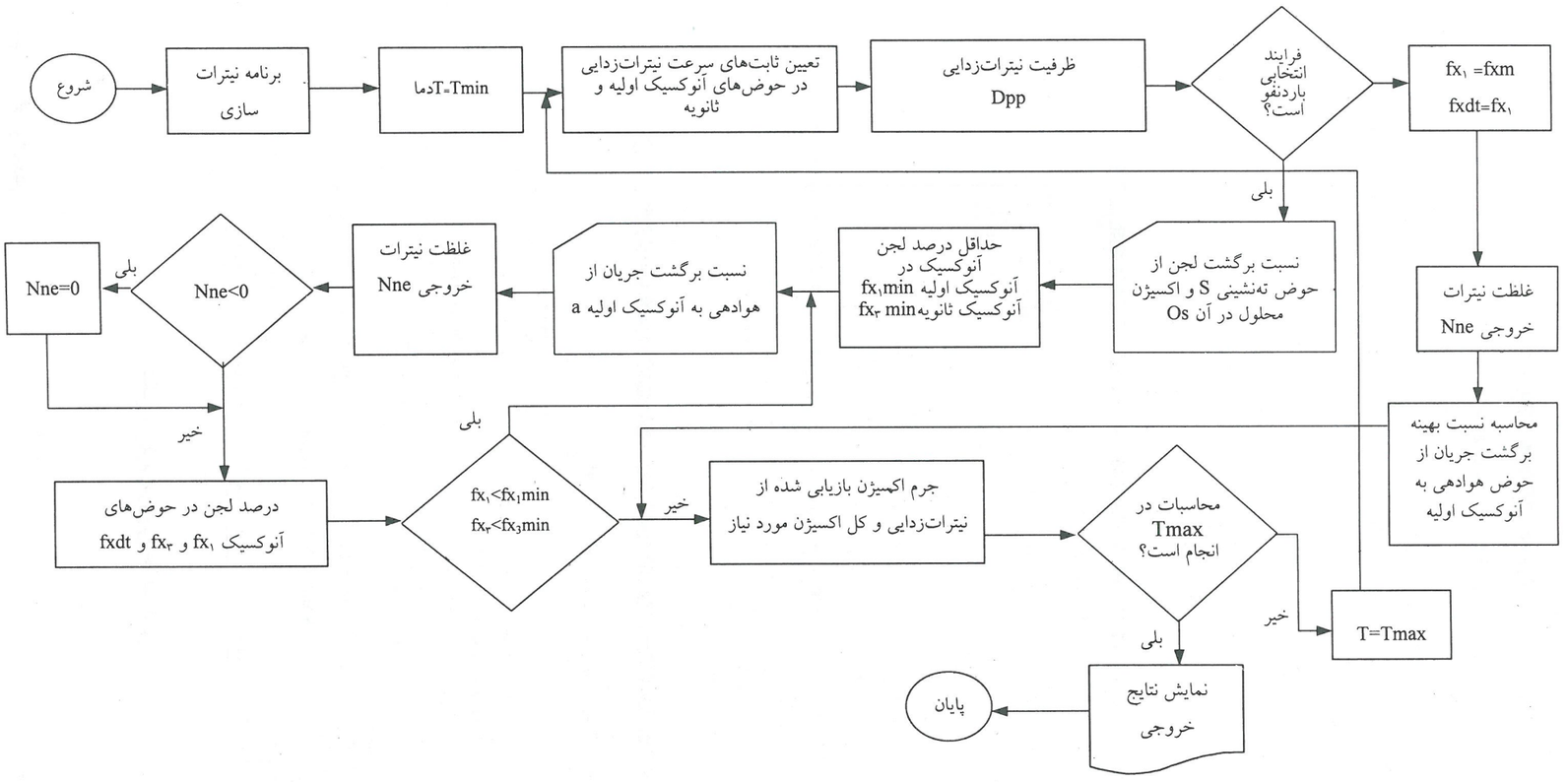
معرفی برنامه [۱ و ۱۰]

با توجه به تئوری روش مارایز که در بخش قبل به آن اشاره شد، به منظور تعیین چارچوب برنامه‌نویسی، فلوچارت‌هایی که نمایانگر روند گام به گام اجرای برنامه است، تهیه می‌شود. این فلوچارت‌ها در شکل‌های ۱، ۲ و ۳ نمایش داده شده است، که شامل مراحل مختلف نظیر ورودی‌ها، محاسبات، کنترل‌ها و شرط‌ها می‌باشد.

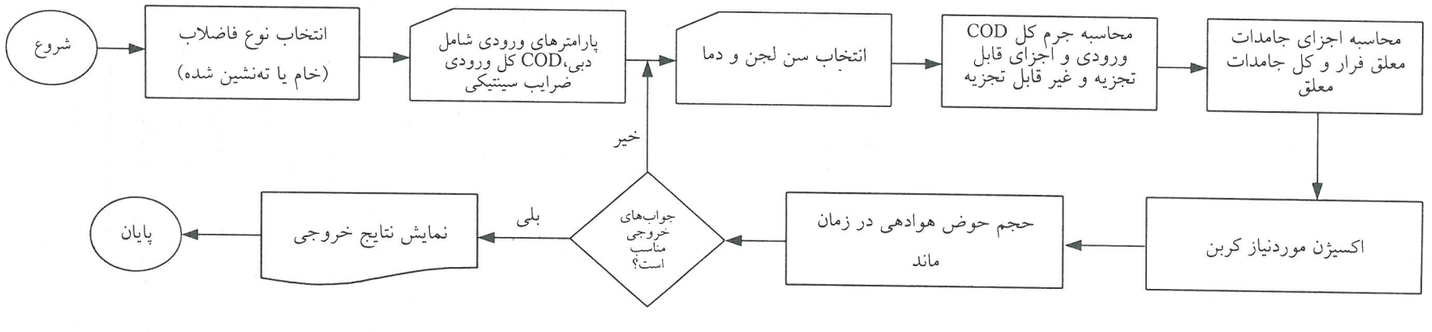
زبان برنامه‌نویسی مورد استفاده ویژوال بیسیک ٦ است و برنامه تحت ویندوز۹۸ اجرا می‌شود. حجم برنامه ۱/۰۲ مگابایت می‌باشد. با توجه به آن که زبان برنامه‌نویسی مورد استفاده یک زبان شیءگرا[2] است، محیط گرافیکی بالا و راحتی را برای کاربر ایجاد می‌کند. داده‌های ورودی اصلی

[1] Delft

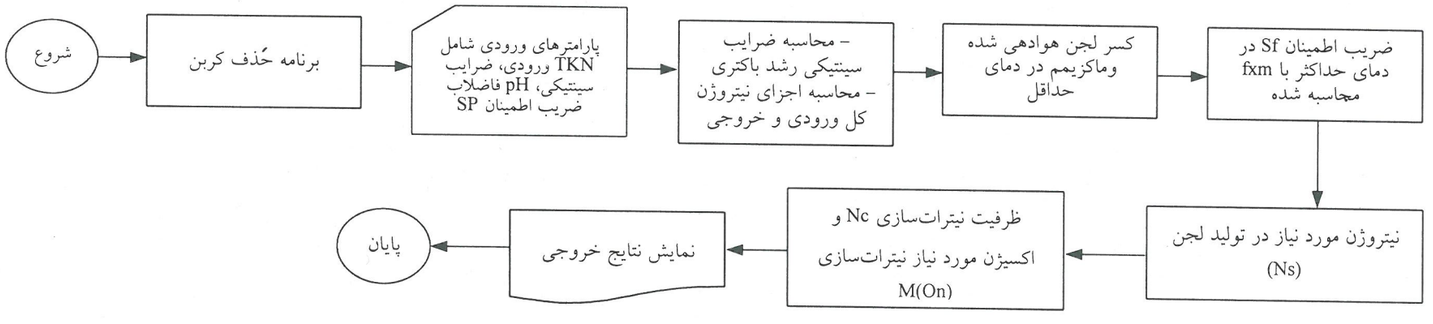
[2] Object Oriented



شکل ۳- فلوچارت برنامه طراحی فرایند نیترات‌زدایی



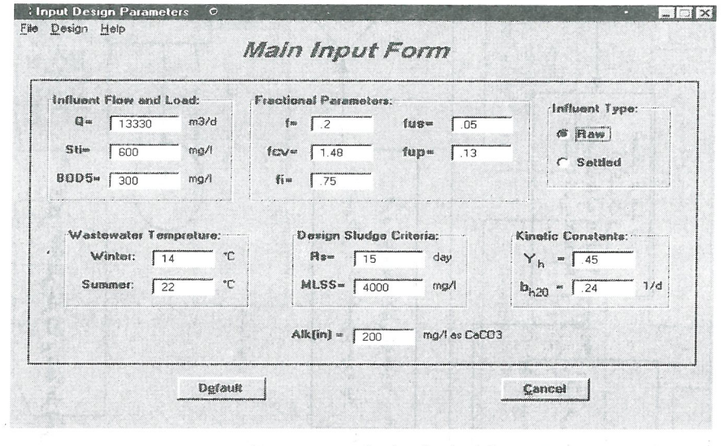
شکل۱- فلوچارت برنامه طراحی فرایند حذف کربن



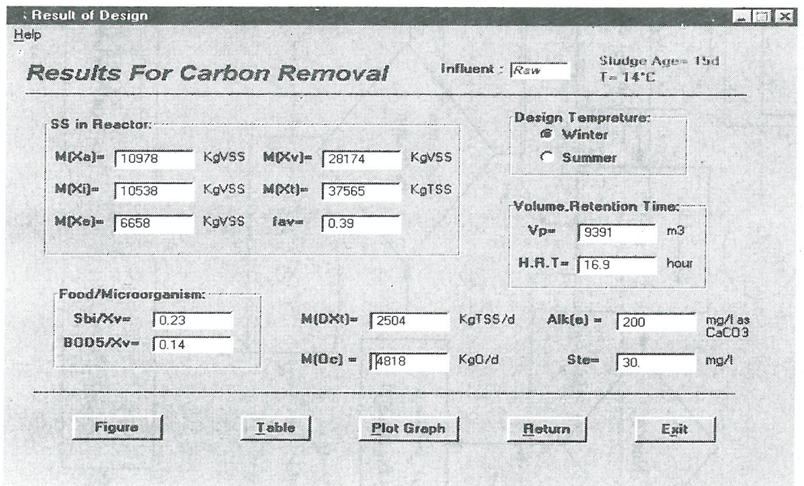
شکل۲- فلوچارت برنامه طراحی فرایند نیترات‌سازی

از طریق یک فرم ورودی، که در شکل ٤ نمایش داده شده است، به برنامه داده می‌شود. با کلیک کردن روی دگمه Default، داده‌های مربوط به یک مثال نمونه به برنامه وارد می‌شود. در منوی Design با کلیک کردن روی قسمت مربوط به حذف کربن، فرم نتایج خروجی مربوط به آن روی صفحه نمایش داده می‌شود (شکل ٥). در این فرم با کلیک کردن روی هر یک از دگمه‌های پایینی فرم، برنامه توانایی ارائه نتایج طراحی را در دو حالت دمای حداکثر و حداقل به صورت جدول و نمودار دارد.

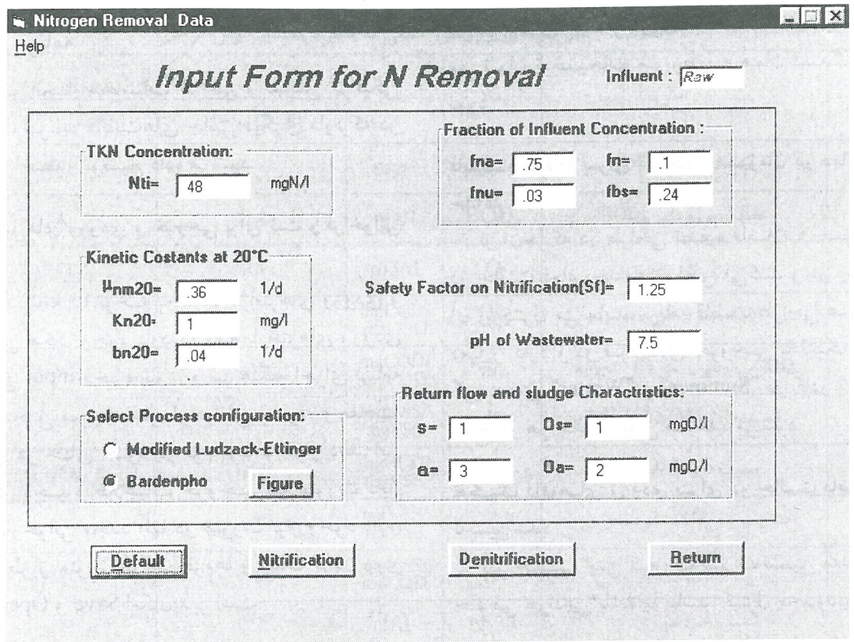
در قسمت حذف نیتروژن با کلیک کردن روی عبارت N Removal در منوی Design از فرم ورودی اصلی، فرم ورودی مربوطه نمایش داده می‌شود (شکل ٦). در این فرم ورودی مقادیر مربوط به TKN ورودی و ضرایب مربوط به اجزای آن و رشد باکتری‌های نیترات‌ساز و سایر پارامترها به برنامه وارد می‌شود. هم‌چنین شکل فرایند مورد نظر برای حذف نیتروژن به دو صورت MLE و باردنفو انتخاب می‌شود. با کلیک کردن روی هر یک از بخش‌های مربوط به نیترات‌سازی و نیترات‌زدایی نتایج آن در فرم‌های جداگانه و در جدول و گراف نشان داده می‌شود. شکل ٧ نمونه‌ای از گراف‌های مربوط به فرایند باردنفو را نشان می‌دهد.



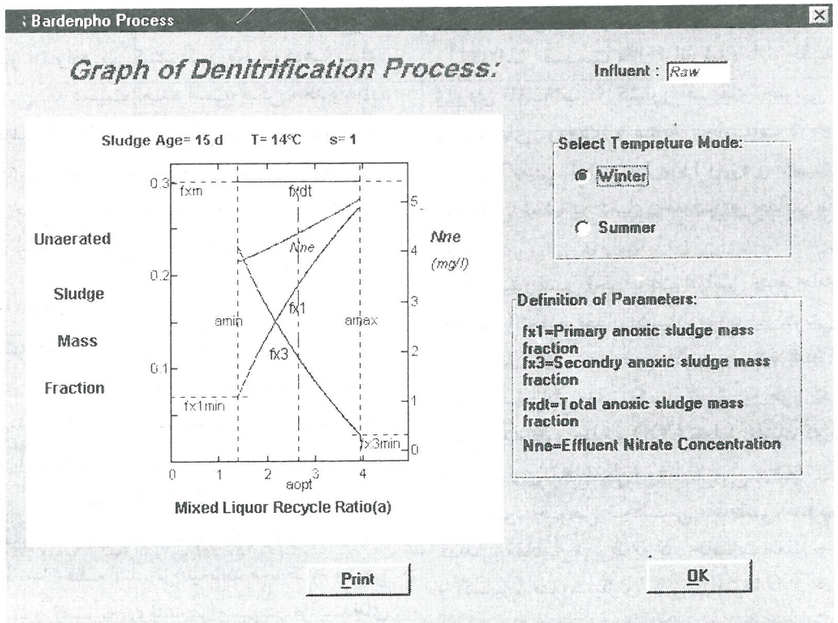
شکل ٤- فرم اصلی ورودی برنامه.



شکل ٥- فرم خروجی حذف کربن.



شکل ٦- فرم ورودی حذف نیتروژن.



شکل ٧- گراف‌های مربوط به فرایند باردنفو.

قابلیت‌های برنامه

علاوه بر انجام محاسبات طراحی و نمایش گرافیکی خروجی‌ها، برنامه قابلیت‌های جانبی دیگری دارد که در این بخش به اختصار توضیح داده می‌شود.

استفاده از فایل‌های ورودی و خروجی برای ثبت و فراخوانی داده‌ها

در این برنامه با توجه به تعدد پارامترهای ورودی و خروجی این امکان وجود دارد که کلیه پارامترهای ورودی در یک فایل Input ذخیره شود، و نیز هنگام اجرای برنامه فایل را از محل مورد نظر بازخوانی نموده و مقادیر پارامترها را در جای خود در فرم مربوطه قرار دهد. این امکان برای ذخیره اطلاعات خروجی به صورت فایل Output و بازخوانی مجدد آنها در صورت نیاز وجود دارد. این کار از طریق منوی File در فرم‌ها و کلیک کردن روی گزینه‌های Open و Save امکان‌پذیر است.

کنترل حدود پارامترهای ورودی

مورد دیگری که در این برنامه به آن توجه شده است عدم پذیرش ورودی‌هایی است که کاربر به اشتباه خارج از محدوده مجاز آن وارد می‌کند. این محدوده‌ها برای آفریقای جنوبی به دست آمده است، لیکن محدوده آن برای تمام فاضلاب‌های شهری قابل توصیه است. با این حال، برنامه این قابلیت را دارد که اگر کاربر بر ورود یک پارامتر خاص خارج از محدوده اصرار ورزید آن را پذیرفته و بر اساس آن نتایج خروجی را ارائه کند.

راهنمای برنامه (Help)

برنامه این امکان را دارد که تا حدود امکان راهنمایی‌های لازم را در استفاده از برنامه و درک مبانی تئوریک فرایند برای کاربر فراهم سازد. از آن‌جا که در فرم‌ها نماد مربوط به پارامتر نشان داده می‌شود و توضیحی وجود ندارد، کاربر می‌تواند با نگه داشتن نشانگر موس روی نماد مربوطه توضیح مربوط به آن پارامتر را در یک کادر زردرنگ ملاحظه کند. توضیحات مربوط به معرفی برنامه، کلیات و تشریح روند طراحی در فرایندهای مختلف در منوی Help مربوط به فرم ورودی اصلی، با کلیک کردن روی هر یک از قسمت‌ها نشان داده می‌شود. در فرم‌های دیگر نیز با انتخاب دکمه یا منوی Help می‌توان توضیحات مربوط به همان قسمت را ملاحظه نمود.

قابلیت برنامه برای طراحی هم‌زمان در دمای حداقل و حداکثر

از آن‌جا که در طراحی تصفیه فاضلاب معمولاً فرایند را در حالت دمای حداقل طراحی می‌کنند و در دمای حداکثر آن را کنترل می‌نمایند، برنامه قابلیت طراحی هم‌زمان در دو دما را دارد و در فرم‌های خروجی با کلیک کردن روی گزینه‌های "Winter" و "Summer" در کادر مربوط به دما نتایج در هر حالت دمایی مشاهده می‌شود.

تفکیک داده‌های ورودی برای دو حالت فاضلاب خام و ته‌نشین شده

بر حسب این که حوض ته‌نشین مقدماتی قبل از حوض هوادهی باشد یا نباشد، کنترل محدوده‌های ورودی و مقادیر پیش‌فرض متفاوت خواهد بود، و برنامه نتایج را به صورت کاملاً تفکیک شده و هوشمند ارائه می‌کند.

ارائه مثال حل شده توسط برنامه

در این قسمت مثال ارائه شده با توجه به پارامترهای ورودی فاضلاب در کشور آفریقای جنوبی بوده است. پارامترهای ورودی و نتایج محاسبات در جدول ۱ تا ۵ برای ۲ سن لجن ۱۵ و ۲۰ روزه و فاضلاب خام و ته‌نشین شده در دمای حداقل و حداکثر مفروض آمده است.

افزایش سن لجن باعث افزایش جرم جامدات معلق و حجم راکتور و مقدار اکسیژن مورد نیاز کربنی می‌گردد. با این حال در سن لجن بالا جرم تولید شده لجن و جزء فعال جامدات معلق کمتر است. به طور کلی، سن لجن پایین به منظور حذف COD تنها می‌باشد، که در آن فرایند نیترات‌سازی انجام نمی‌شود.

وجود حوض ته‌نشینی مقدماتی سهم به‌سزایی در کاهش مقادیر مربوط به کل جامدات معلق و حجم فرایند و اکسیژن مورد نیاز و سایر پارامترها دارد. هم‌چنین، لجن تولید شده در حالت فاضلاب ته‌نشین شده کمتر است، اما کل جرم لجن قابل دفع از تصفیه‌خانه، که از حوض

جدول ۱- پارامترهای ورودی اصلی به همراه مقادیر پیش فرض.

ردیف	پارامتر	نماد	واحد	مقدار	
				فاضلاب خام	ته نشین شده
۱	غلظت ورودی COD	Sti	mg/l	۶۰۰	۳۶۰
۲	غلظت ورودی BOD_5	BOD_5	mg/l	۳۰۰	۱۸۰
۳	دبی ورودی	Q	m3/d	۱۳۳۳۰	۱۳۳۳۰
۴	کسر COD محلول غیر قابل تجزیه	fup	mgCOD/ mgCOD	۰/۰۵	۰/۰۸
۵	کسر COD تا محلول غیر قابل تجزیه	fus	mgCOD/ mgCOD	۰/۱۳	۰/۰۴
۶	نسبت MLVSS/MLSS	fi	mgVSS/ mgTSS	۰/۷۵	۰/۸۳
۷	نسبت COD/ VSS	fcv	mgCOD/ mgVSS	۱/۴۸	۱/۴۸
۸	ضریب باقی‌مانده خودتخریبی	f	mgVSS/ mgVSS	۰/۲	۰/۲
۹	ضریب بازده	Yh	mgVSS/ mgCOD	۰/۴۵	۰/۴۵
۱۰	نرخ تنفس خودخوری در 20°	bh20	1/d	۰/۲۴	۰/۲۴
۱۱	غلظت MLSS	Xt	mgTSS/l	۴۰۰۰	۴۰۰۰
۱۲	دمای حداقل	Tmin	°C	۱۴	۱۴
۱۳	دمای حداکثر	Tmax	°C	۲۲	۲۲
۱۴	قلیاییت ورودی	Alk	mg/l asCaCO3	۲۰۰	۲۰۰

ته‌نشینی مقدماتی و نهایی حاصل می‌شود، بیشتر از حالت بدون حوض ته‌نشینی مقدماتی است، و آن به دلیل ته‌نشین شدن قسمتی از جامدات قابل تجزیه بیولوژیک و عدم اکسیداسیون و تجزیه آنها در فرایند می‌باشد. مسئله دیگری که در حالت فاضلاب ته‌نشین شده وجود دارد افزایش نسبت TKN/COD و عدم امکان حذف کامل نیترات در فرایند نیترات‌زدایی است. به طور کلی، وجود حوض ته‌نشینی مقدماتی، در حالتی که تنها حذف COD مد نظر باشد، از لحاظ کاهش هزینه‌های مربوط به حجم فرایند و هوادهی به صرفه می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله یک نرم‌افزار کامپیوتری ارائه شد که قابلیت طراحی فرایند لجن فعال به روش پروفسور مارایز را دارا است. محیط نرم‌افزار با توجه به زبان برنامه‌نویسی مورد استفاده (ویژوال بیسیک ۶) از راحتی و سادگی برای کاربر و نیز ظرفیت گرافیکی زیاد برخوردار است. این نرم‌افزار علاوه بر طراحی فرایند برای حذف کربن، توانایی طراحی برای حذف نیتروژن، شامل نیترات‌سازی و نیترات‌زدایی را دارد. همه این محاسبات به طور هم‌زمان برای دمای حداکثر و حداقل، و در دو حالت فاضلاب خام و ته‌نشین شده انجام می‌شود، و نتایج به صورت جدول و نمودار نمایش داده می‌شود. با توجه به پیچیدگی محاسبات به دلیل تعدد پارامترهای ورودی و خروجی در روش یاد شده، این نرم‌افزار به عنوان ابزاری کارآمد و مؤثر در طراحی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به روش لجن فعال می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۲-نتایج طراحی فرایند حذف کربن برای سن لجن ۱۵ و ۲۰ روز

ردیف	پارامتر	نماد	واحد	مقدارهای سن لجن ۱۵ روز				مقدارهای سن لجن ۲۰ روز			
				فاضلاب خام		ته نشین شده		فاضلاب خام		ته نشین شده	
				۲۲°C	۱۴°C	۲۲°C	۱۴°C	۲۲°C	۱۴°C	۲۲°C	۱۴°C
۱	جرم جامدات معلق فعال	M(Xa)	KgVSS	۹۲۰۰	۱۰۹۷۸	۵۹۲۴	۷۰۶۹	۹۷۰۴	۱۱۷۰۳	۶۲۴۹	۷۵۳۶
۲	جرم جامدات معلق غیر فعال	M(Xi)	KgVSS	۱۰۵۳۸	۱۰۵۳۸	۱۹۴۵	۱۹۴۵	۱۴۰۵۰	۱۴۰۵۰	۲۵۹۴	۲۵۹۴
۳	جرم جامدات باقی‌مانده خودخوری	M(Xe)	KgVSS	۷۰۱۴	۶۶۵۸	۴۵۱۶	۴۲۸۷	۹۴۶۴	۹۰۱۴	۶۰۹۴	۶۳۵۲
۴	کل جرم جامدات معلق فرار	M(Xv)	KgVSS	۲۶۷۵۲	۲۸۱۷۴	۱۲۳۸۵	۱۳۳۰۱	۳۵۲۱۸	۳۷۰۶۵	۱۶۲۲۴	۱۵۱۹۴
۵	کل جرم جامدات معلق	M(Xt)	KgTSS	۳۵۶۶۹	۳۷۵۶۵	۱۶۰۲۶	۱۴۹۲۲	۴۶۹۵۸	۴۸۲۵۹	۱۹۵۴۷	۱۸۳۰۶
۶	نسبت M(Xa)/M(Xv)	fav	-	۰/۳۴	۰/۳۹	۰/۴۸	۰/۵۳	۰/۳۳	۰/۴۱	۰/۴۶	۰/۴۱
۷	حجم راکتور	Vp	m^3	۸۹۱۷	۹۳۹۱	۳۷۳۱	۴۰۰۶	۱۱۳۹	۱۱۷۳۹	۴۸۸۷	۴۵۷۶
۸	زمان ماند هیدرولیکی	Rh	hr	۱۶/۱	۱۶/۹	۶/۷	۷/۲	۲۱/۱	۲۱/۱	۸/۸	۸/۲
۹	جرم لجن تولید شده	M(ΔXa)	KgTSS/d	۲۳۷۸	۲۵۰۴	۹۹۵	۱۰۶۸	۲۳۴۸	۲۳۴۸	۹۷۷	۹۱۵
۱۰	اکسیژن مورد نیاز کربنی	M(Oc)	KgO/d	۴۹۵۹	۴۸۱۸	۳۱۹۳	۳۱۰۲	۴۹۹۲	۴۹۹۲	۳۲۱۴	۳۲۹۰
۱۱	COD خروجی نمونهٔ صاف شده	Ste	mgCOD/l	۳۰	۳۰	۲۸/۸	۲۸/۸	۳۰	۳۰	۲۸/۸	۲۸/۸
۱۲	قلیایت پساب خروجی	Alk(e)	mg/l	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰
۱۳	نسبت F/M	Sbi/Xv	-	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۳۲	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۲۶	۰/۲۸
۱۴	نسبت F/M	BOD5/Xv	-	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۱۶

جدول۳-پارامترهای ورودی حذف نیتروژن به همراه مقادیر پیش فرض

ردیف	پارامتر	نماد	واحد	مقدار	
				فاضلاب خام	ته نشین شده
۱	غلظت TKNورودی	Nti	mgN/l	۴۸	۴۱
۲	کسر نیتروژن آمونیاکی TKN	fna	mgN/mgN	۰/۷۵	۰/۸۳
۳	کسر نیتروژن آلی محلول غیر قابل تجزیه TKN	fnu	mgN/mgN	۰/۰۳	۰/۰۴
۴	نسبت TKN/VSS	fn	mgN/mgVSS	۰/۱	۰/۱
۵	کسر COD محلول قابل تجزیه از کل COD قابل تجزیه	fbs	mgCOD/mgCOD	۰/۲۴	۰/۳۳
۶	حداکثر سرعت رشد ویژه باکتری نیترات ساز در ۲۰° C	nm20	1/d	۰/۳۶	۰/۳۶
۷	ثابت نیمهٔ اشباع	Kn20	mg/l	۱	۱
۸	سرعت کاهش جرم خودخوری باکتری نیترات‌ساز	bn20	1/d	۰/۰۴	۰/۰۴
۹	نسبت برگشت لجن از حوض ته‌نشینی ثانویه	S	-	۱	۱
۱۰	مقدار اولیه نسبت برگشت جریان از حوض هوادهی	a	-	۳	۲
۱۱	غلظت اکسیژن محلول در برگشت لجن	Os	mgO/l	۱	۱
۱۲	غلظت اکسیژن محلول در برگشت جریان	Oa	mgO/l	۲	۲
۱۳	ضریب اطمینان	Sf	-	۱/۲۵	۱/۲۵
۱۴	pH فاضلاب ورودی	pH	-	۷/۵	۷/۵

جدول ۵-نتایج طراحی فرایند حذف نیتروژن برای سیستم‌های باردنفو و MLE برای سن لجن ۲۰روز

ردیف	پارامتر	نماد	واحد	فاضلاب خام				فاضلاب ته نشین شده			
				باردنفو		MLE		باردنفو		MLE	
				۱۴°C	۲۲°C	۱۴°C	۲۲°C	۱۴°C	۲۲°C	۱۴°C	۲۲°C
۱	نیتروژن مورد نیاز برای تولید لجن	Ns	mgN/l	۱۳/۲	۱۲/۶	۱۳/۲	۱۲/۶	۶/۱	۵/۷	۶/۱	۵/۷
۲	ظرفیت نیترات‌سازی	Nc	mgN/l	۳۰/۹	۳۲/۹	۳۰/۹	۳۲/۹	۳۰/۷	۳۲/۵	۳۰/۷	۳۲/۵
۳	حداکثر کسر لجن هوادهی نشده	fxm	-	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲
۴	اکسیژن مورد نیاز نیترات‌سازی	M(On)	KgO/d	۱۸۸۳	۲۰۰۱	۱۸۸۳	۲۰۰۱	۱۸۷۳	۱۹۷۸	۱۸۷۳	۱۹۷۸
۵	اکسیژن بازیابی شده از نیترات‌زدایی	M(Od)	KgO/d	-۱۱۷۹	-۱۲۵۲	-۹۴۳	-۱۰۰۲	-۹۱۰	-۱۰۵۶	-۸۷۹	-۹۲۸
۶	کل اکسیژن مورد نیاز	M(Ot)	KgO/d	۵۶۹۷	۵۸۵۹	۵۹۳۲	۶۱۱۰	۴۱۷۷	۴۲۱۳	۴۲۰۸	۴۳۴۰
۷	سرعت نیترات‌زدایی مرحله اول حوض آنوکسیک اولیه	K1T	1/d	۰/۲۴۱۱	۱/۰۳۶۸	۰/۲۴۱۱	۱/۰۳۶۸	۰/۲۴۱۱	۱/۰۳۶۸	۰/۲۴۱۱	۱/۰۳۶۸
۸	سرعت نیترات‌زدایی مرحله دوم حوض آنوکسیک اولیه	K2T	1/d	۰/۰۶۳۵	۰/۱۱۷۶	۰/۰۶۳۵	۰/۱۱۷۶	۰/۰۶۳۵	۰/۱۱۷۶	۰/۰۶۳۵	۰/۱۱۷۶
۹	سرعت نیترات‌زدایی مرحله دوم حوض آنوکسیک ثانویه	K3T	1/d	۰/۰۶۰۳	۰/۰۷۶۴	-	-	۰/۰۶۰۳	۰/۰۷۶۴	-	-
۱۰	حداقل کسر لجن هوادهی نشده حوض آنوکسیک اولیه	fx1min	-	۰/۰۶۵	۰/۰۱۸	-	-	۰/۰۹	۰/۰۲۵	-	-
۱۱	حداقل کسر لجن هوادهی نشده حوض آنوکسیک ثانویه	fx3min	-	۰/۰۲۶	۰/۰۲۵	-	-	۰/۰۴۱	۰/۰۳۹	-	-
۱۲	کسر لجن هوادهی نشده حوض آنوکسیک اولیه	fx1	-	۰/۱۳	۰/۱	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۳۳	۰/۱۹	۰/۴۲	۰/۴۲
۱۳	کسر لجن هوادهی نشده حوض آنوکسیک ثانویه	fx3	-	۰/۲۶	۰/۲۶	-	-	۰/۰۹	۰/۲۳	-	-
۱۴	کل لجن هوادهی نشده در حوض‌های آنوکسیک	fxdt	-	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲
۱۵	حداقل نسبت برگشت جریان a	amin	-	۲	۱/۵	-	-	۰/۷	۰/۵	-	-
۱۶	حداکثر نسبت برگشت جریان a	amax	-	۱۰/۷	۲۲/۲	-	-	۲۵	۶/۵	-	-
۱۷	مقدار بهینه نسبت برگشت جریان a	aopt	-	۳/۶	۵/۱	*۱۱/۵	*۲۵	۲/۱	۵/۱	۳/۱	*۸
۱۸	ظرفیت نیترات‌زدایی	Dpp	mgN/l	۳۷/۰۵	۴۹/۵	۳۷/۱	۴۹/۵	۲۷/۲	۳۵/۲	۲۷/۲	۳۵/۲
۱۹	غلظت نیترات خروجی	Nne	mgN/l	۰	۰	۶/۱۸	۶/۵۷	۶/۹۲	۴/۰	۷/۶۹	۸/۱۲
۲۰	کل نیتروژن خروجی	TNe	mgN/l	۳/۸۷	۲/۵	۱۰/۱	۹/۱۱	۱۱/۰۹	۶/۸	۱۱/۹	۱۱/۰
۲۱	قلیاییت خروجی	Alk(e)	mgN/l	۹۰	۸۳	۶۸	۵۹	۶۶	۶۷	۶۳	۵۵

جدول٤-نتایج طراحی فرایند نیترات سازی برای سن لجن ۱۵و۲۰ روز

ردیف	پارامتر	نماد	واحد	مقداربرای سن لجن ۱۵ روز				مقداربرای سن لجن ۲۰ روز			
				فاضلاب خام		ته نشین شده		فاضلاب خام		ته نشین شده	
				۱۴°C	۲۲°C	۱۴°C	۲۲°C	۱۴°C	۲۲°C	۱۴°C	۲۲°C
۱	آمونیاک آزاد و نمکی ورودی	Nai	mgN/l	۳۶	۳۶	۳۴	۳۴	۳۶	۳۶	۳۴	۳۴
۲	نیتروژن آلی قابل تجزیه بیولوژیک	Noi	mgN/l	۵/۳	۵/۳	۴/۴	۴/۴	۵/۳	۵/۳	۴/۴	۴/۴
۳	نیتروژن آلی محلول غیر قابل تجزیه	Nui	mgN/l	۱/۴	۱/۴	۱/۶	۱/۶	۱/۴	۱/۴	۱/۶	۱/۶
۴	نیتروژن آلی نامحلول غیر قابل تجزیه	Npi	mgN/l	۵/۳	۵/۳	۱/۰	۱/۰	۵/۳	۵/۳	۱/۰	۱/۰
۵	غلظت کل TKN ورودی	Nti	mgN/l	۴۸	۴۸	۴۱	۴۱	۴۸	۴۸	۴۱	۴۱
۶	غلظت آمونیاک خروجی	Nae	mgN/l	۲	۰/۷	۲	۰/۷	۲	۰/۷	۲	۰/۷
۷	نیتروژن آلی قابل تجزیه خروجی	Noe	mgN/l	۰/۵	۰/۴	۰/۶	۰/۵	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۵
۸	نیتروژن آلی نامحلول غیر قابل تجزیه خروجی	Nue	mgN/l	۱/۴	۱/۴	۱/۶	۱/۶	۱/۴	۱/۴	۱/۶	۱/۶
۹	غلظت کل TKN خروجی	Nte	mgN/l	۳/۹	۲/۵	۴/۲	۲/۸	۳/۹	۲/۵	۴/۲	۲/۸
۱۰	نیتروژن مورد نیاز تولید لجن	Ns	mgN/l	۱۴/۱	۱۳/۴	۶/۷	۶/۲	۱۳/۲	۱۲/۶	۶/۱	۵/۷
۱۱	ظرفیت نیترات‌سازی	Nc	mgN/l	۳۰/۰	۳۲/۱	۳۰/۲	۳۲	۳۰/۹	۳۲/۹	۳۰/۸	۳۲/۵
۱۲	حداکثر جزء لجن هوادهی نشده	fxm	-	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲
۱۳	اکسیژن مورد نیاز نیترات‌سازی	M(On)	KgO/d	۱۸۲۸	۱۹۵۴	۱۸۳۷	۱۹۴۷	۱۸۸۳	۲۰۰۱	۱۸۷۳	۱۹۷۸
۱۴	قلیاییت پساب خروجی	Alk(e)	mg/l	<۴۰	<۴۰	<۴۰	<۴۰	<۴۰	<۴۰	<۴۰	<۴۰
۱۵	کل نیتروژن خروجی	TNe	mgN/l	۳۳/۹	۳۴/۶	۳۴/۳	۳۴/۸	۳۴/۸	۳۵/۴	۳۴/۹	۳۵/۳
۱۶	ضریب اطمینان	Sf	-	۱/۲۵	۲/۹۱	۱/۲۵	۲/۹۱	۱/۲۵	۲/۸۷	۱/۲۵	۲/۸۷

معرفی پارامترهای مورد استفاده در برنامه

a = نسبت برگشت جریان مایع از حوض هوادهی به حوض آنوکسیک اولیه

bhT = نرخ ویژه کاهش جرم باکتری در فاز مرگ و میر (/d)

bn20= ضریب کاهش جرم خودخوری باکتری نیترات ساز در ۲۰C̊ = ۰/۰٤(/d)

bnT = نرخ ویژه کاهش جرم باکتری در فاز خودخوری برای نیتروزوموناس (/d)

DpI= ظرفیت نیترات‌زدایی برای حوض آنوکسیک اولیه

Dpp= ظرفیت نیترات‌زدایی فرایند با فرض آن که حداکثر مقدار لجن آنوکسیک در حوض اولیه است.

f= ضریب باقی‌مانده غیر قابل تجزیه خود تخریبی باکتری‌ها = ۰/۲

fbs= نسبت COD قابل تجزیه محلول به COD قابل تجزیه ورودی =Sbs/Sbi

fcv= نسبت COD/VSS (mgCOD/mgVSS)

fi= نسبت MLVSS/MLSS

fn= نسبت TKN به VSS که معمولاً برابر ۰/۱ در نظر گرفته می‌شود.

fna = جز نیتروژن آمونیاکی از TKN ورودی

fnu= جز نیتروژن آلی محلول غیر قابل تجزیه از TKN ورودی

frps= نسبت COD حذف شده در حوض ته‌نشینی اولیه به کل COD ورودی

fus= کسر COD محلول ورودی غیر قابل تجزیه نسبت به COD کل (mgCOD/mgCOD)

fup= کسر COD نامحلول ورودی غیر قابل تجزیه نسبت به COD کل (mgCOD/mgCOD)

fts= کسر COD قابل تجزیه محلول نسبت به کل COD ورودی

fxt= جزء لجن هوادهی نشده

fxi = کسر جرمی لجن در حوض آنوکسیک اولیه از کل جرم لجن فرایند

δn/dt = سرعت نیترات‌زدایی (mgN-No3/l)Nte = غلظت TKN خروجی (mgN/l)

Nts= غلظت TKN ورودی در لجن تولید شده روزانه

ΔNna = اختلاف غلظت نیترات ورودی و خروجی = مقدار واقعی حذف نیترات

ΔNns= مقدار حذف نیترات در سیستم (mgN/1)

s,a = نسبت‌های برگشت جریان مایع و لجن

Oa, Os= اکسیژن محلول در جریان برگشتی مایع a و لجن s (mgO_2/l)

O= غلظت اکسیژن محلول mgO_2/l

Q= دبی متوسط ورودی روزانه (مترمکعب در روز)

Qw= دبی لجن تخلیه شونده از حوض هوادهی (مترمکعب در روز)

Rh= زمان ماند هیدرولیکی (روز)

Rs = سن لجن (روز)

Rnp= زمان ماند اسمی در حوض آنوکسیک اولیه (d)

Ra= زمان ماند واقعی راکتور (d)= حجم تقسیم بر مجموع دبی ورودی و دبی برگشتی a

Rnh= زمان ماند هیدرولیکی اسمی در فرایند

Rn= زمان ماند اسمی راکتور (d) = Ra(1+a)

Sti= کل غلظت COD ورودی (میلی‌گرم COD در لیتر)

Sui= غلظت COD ورودی غیر قابل تجزیه (میلی‌گرم COD در لیتر)

Sbi= غلظت COD ورودی قابل تجزیه (میلی‌گرم COD در لیتر)

Supi= غلظت COD ورودی غیر قابل تجزیه نامحلول (میلی‌گرم COD در لیتر)

Sus= COD غیر قابل تجزیه در خروجی =fus.Sti (mgCOD/l)

Susi= غلظت COD ورودی غیر قابل تجزیه محلول (میلی‌گرم COD در لیتر)

Sbpi= غلظت COD ورودی قابل تجزیه بیولوژیک نامحلول (میلی‌گرم COD در لیتر)

Sbsi= غلظت COD ورودی قابل تجزیه بیولوژیک محلول (میلی‌گرم COD در لیتر)

Vp= حجم راکتور (l)

X= غلظت مواد جامد راکتور (میلی‌گرم در لیتر)

Xve= غلظت جامدات فرار در خروجی (mgVSS/l)

X= غلظت جامدات فرار (mgVSS/l)

Xa= غلظت MLSS فعال (mgVSS/l)

Xe= غلظت MLVSS غیر قابل تجزیه باقی‌مانده خود تخریبی باکتری‌ها (mgVSS/l)

Xn= غلظت باکتری‌های نیترات‌ساز (mgVSS/l)

Yh= ضریب بازدهی باکتری‌های نیترات‌ساز (mgXn/mgN-NH3)

μnT= ضریب رشد ویژه باکتری

μnm20= نرخ حداکثر رشد ویژه در ۲۰C̊ = ۰/۳۳ بر روز

μnmT= ضریب حداکثر رشد ویژه در دمای TC̊ (/d)

μnTpH= μn در دمای TC̊ و pH مورد نظر

منابع و مراجع

۱- پورپاک، ع.م.، ۱۳۷۷، " محاسبات عددی "، انتشارات مفید.

۲- ترکیان، ا.، ۱۳۷٤، " مهندسی محیط زیست"، انتشارات کنکاش.

۳- عظیمی، ع.ا.، ۱۳۷۸، " جزوه‌های درسی تصفیه تکمیلی فاضلاب".

٤- منزوی، م.ت.، ۱۳٦٤، " تصفیه فاضلاب"، انتشارات دانشگاه تهران.

۵- نیلی‌احمدآبادی، م.، ۱۳۷۷، " ارائه نرم‌افزار انتخابگر و طراح فرایندهای مناسب تصفیه فاضلاب شهری بر اساس پارامترهای مؤثر فاضلاب"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی دانشگاه تهران.

6- Gabaldon, C. et al. (1988), *"A Softwater for the Integrated Design of Wastewater Treatment Plants"*, Environmental Modeling & Software, (13)1, 31-44.

7- Gasso S., Baldasano M. (1992), *" Plant Design and Economic for Wastewater Treatment Plants Via the CAD/CAE System (SIMTAR)"*, Water Science and Technology, 25, (4-5),411-412.

8- Kao J. et al. (1993), *"Computer- Based Environment for Wastewater Treatment Plant Design"*, Environmental Engineering, 119, (5), 931-945.

9- Marais, G.V.R. (1994), *"Wastewater Treatment by Activated Sludge Process"*, Lecture Notes, IHE, Delft Netherlands.

10- Patrick G.McKeown. (1999), *"Learning to Program with Visual Basic 6"*, John Wiley & Sons.

11- Spinos M., Marinos-Kouris D. (1992), *" Integrated Computer Aided Process Design of Wastewater Treatment Plants on a PC System"*, Water Science & Technology, 25, (1), 107-112.