

کاربردهای هوش مصنوعی در مدیریت و بهینه‌سازی شبکه های فاضلاب و تصفیه‌خانه ها

فاطمه یاس باقری نیک

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران- گرایش مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

این مقاله متکفل بررسی کاربردهای هوش مصنوعی در مدیریت و بهینه‌سازی شبکه های فاضلاب و تصفیه‌خانه ها با روش توصیفی و تحلیلی می باشد. بی تردید، کمبود آب شیرین و نیاز روزافزون به اطمینان از کیفیت آب حاصل از باز چرخانی، یکی از مهمترین مولفه های بقای اکوسیستم‌ها و سلامت انسانها است. در این زمینه، هوش مصنوعی و ابزارهای مرتبط با آن، مانند یادگیری ماشین و الگوریتم‌های پیشرفته، قابلیت‌های تحلیلی و پیش بینی‌کننده بی‌نظیری را برای دانشمندان و مهندسان فراهم کرده‌اند که می‌تواند به طور مؤثری در مدیریت هوشمند شبکه های فاضلاب نقش داشته باشد. این قابلیت‌ها باعث افزایش پایداری، کاهش هزینه ها و بهبود عملکرد شبکه های فاضلاب می‌شوند. ”یافته ها بیانگر این است که“: مصنوعی می‌تواند در زمینه های نوآورانه تری نظیر بازیافت آب، کاهش تولید پساب و بهینه سازی مصرف منابع آبی به کار گرفته شود. همچنین در شبکه های فاضلاب با پیش بینی انسداد و نشت لوله ها، پیش بینی و پیشگیری از خرابی تجهیزات، بهینه سازی فرآیندهای تصفیه، مدل سازی و شبیه سازی سیستم‌ها، کاهش خطاهای انسانی و افزایش دقت و پایش و مدیریت اطمینان از کیفیت آب حاصل از باز چرخانی از طریق داده های حسگرهای آنلاین را تحلیل می‌کند تا پارامترهای کیفی مانند BOD، COD، TSS و pH را به صورت لحظه‌ای پایش و در صورت بروز انحراف هشدار دهد که به شناسایی زود هنگام مشکلات کمک می‌کند. ”نتایج بیانگر این است که“: هوش مصنوعی به عنوان یکی از پیشرفته‌ترین فناوری‌های روز، توانسته است نقش کلیدی در بهبود کارایی و بهره‌وری سیستم‌های تصفیه آب ایفا کند. با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته و یادگیری ماشینی، فرآیندهای پیچیده و زمان بر تصفیه آب به‌طور موثرتری مدیریت می‌شوند. از جمله کاربردهای هوش مصنوعی در این زمینه را می‌توان؛ هشدارهای هوشمند و پیش بینی جریان، پیش بینی و پیشگیری از مشکلات، نظارت و تعمیرات پیشگیرانه، سیستم‌های خودکار تصفیه، پیش بینی کیفیت آب، بهینه سازی فرآیندهای تصفیه، عیب‌یابی و پیشگیری از خرابی‌ها، کاهش مصرف انرژی و هزینه ها و بهبود بهره‌وری، مدیریت داده ها و مدیریت هوشمند لجن، پیش بینی تغییرات اقلیمی و مدیریت منابع آب، شناسایی آلاینده های نوظهور، افزایش استفاده مجدد از آب تصفیه شده، تشخیص و حذف آلودگیها و اتوماسیون سیستم‌ها نام برد.

واژه‌های کلیدی: هوش مصنوعی، تصفیه فاضلاب، شبکه ی فاضلاب

مقدمه

مدیریت فاضلاب یکی از مهمترین چالشهای جوامع مدرن است که نیاز به راهکارهای نوین و کارآمد دارد. با گسترش شبکه های فاضلاب در ایران، عملکرد این شبکه ها از ابتدای احداث تا بهره برداری و نگهداری می بایست بیش از پیش مورد توجه مسئولان و نهادهای ذیربط قرار گیرد. با توجه به اینکه احتمال مواجهه شبکه های فاضلاب با مخاطرات طبیعی و ناهنجاریهای مختلف بسیار است؛ در صورت عدم مدیریت مناسب، سیستم با حوادث زیان باری روبرو خواهد شد. بدین ترتیب تحلیل و بررسی شاخصهای پایداری، قابلیت اطمینان و تاب آوری سیستمهای فاضلاب و استفاده از هوش مصنوعی، راهی برای جلوگیری و مدیریت اینگونه چالشهاست. مدیریت فاضلاب به کمک فناوریهای نوین، نقشی کلیدی در کاهش تأثیرات زیست محیطی و بهبود کیفیت منابع آبی دارد. استفاده از بیوفیلترها و غشاهای پیشرفته، کاربرد هوش مصنوعی و اینترنت اشیا، و بهره گیری از تصفیه خانه های هوشمند، نه تنها به حفظ محیط زیست کمک می کند بلکه هزینه ها و مصرف منابع را نیز به حداقل می رساند. هرچند چالش هایی همچون هزینه های اولیه و پیچیدگی فناوری وجود دارند، اما مزایای این نوآوری ها بسیار بیشتر از معایب آن ها است. سرمایه گذاری در این حوزه و توسعه زیرساخت های لازم می تواند به دستیابی به اهداف توسعه پایدار و بهبود کیفیت زندگی نسل های آینده کمک شایانی کند. در دو دهه اخیر کاربرد مدل های هوش مصنوعی به منظور بهره برداری صحیح از تصفیه خانه و حفظ پایداری فرآیندهای تصفیه در شرایط مطلوب، توسط محققین بسیار فراگیر شده است. این مدل ها به منظور شبیه سازی رفتار سیستم تصفیه خانه می توانند به عنوان یک ابزار مؤثر برای پیش بینی عملکرد تصفیه خانه به کار برده شوند. هوش مصنوعی می تواند قلب تصفیه خانه های فاضلاب ما را مدیریت می کند. وقتی چالش هایی مانند کاهش منابع آبی و افزایش آلودگی های صنعتی به اوج خود می رسند، هوش مصنوعی به عنوان یک ناجی بی صدا وارد میدان می شود. این فناوری، با ترکیب قدرت تحلیل داده های عظیم و ارائه تصمیمات بهینه، نه تنها بهره وری سیستم ها را افزایش می دهد، بلکه گامی بزرگ در جهت حفاظت از منابع حیاتی آب برمی دارد. در این مقاله، برآیم با توجه به اهمیت مقابله با کمبود آب شیرین و نیاز روزافزون به اطمینان از کیفیت آب حاصل از باز چرخانی به بررسی دنیای هوش مصنوعی و نقش شگفت انگیز آن در تصفیه فاضلاب پردازیم. (ندیری و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۴۱) این مسئله نه تنها برای بقای اکوسیستم ها و سلامت انسان ها حیاتی است، بلکه یک چالش بزرگ در زمینه مهندسی و مدیریت منابع آب در سراسر جهان محسوب می شود. توسعه پایدار و بهره وری عملیات تصفیه فاضلاب به گونه ای که بتواند به نیازهای رو به افزایش جمعیت و صنعت پاسخ دهد، امری ضروری است. کاربرد هوش مصنوعی در این مسئله به معنای یافتن و جمع آوری اطلاعات و داده، استخراج الگوها و در نهایت پیش بینی با دقت بالا است. در فرآیند تصفیه آب، اطلاعات و داده ها توسط انسان جمع آوری شده و به هوش مصنوعی منتقل می شوند. پس از انجام مراحل آموزش و یادگیری ماشین، هوش مصنوعی قابلیت شناسایی خرابی ها، تغییرات غیرعادی در پارامترهای کیفی آب، و شناسایی روشهای بهبود آنها را دارا می شود. این مقاله تکنیکهای مختلف هوش مصنوعی و کاربردهای آن در تصفیه آب را با تمرکز بر جذب آلاینده ها، مدل های متعدد یادگیری ماشین در تلفیق با روشهای سنتی حذف آلاینده ها (فرآیند جذب)، عملکرد جاذبه های مختلف را برای حذف آلاینده های متعدد خلاصه می کند. علی رغم برخی از چالشهای موجود در کاربرد هوش مصنوعی برای تصفیه آب و پساب، بدون شک فناوریهای هوش مصنوعی راه را به سمت عملیات بهتر، اتوماسیون فرآیند و مدیریت تصفیه آب و پساب هموار می کند. مهمترین اهداف از احداث سامانه های تصفیه فاضلاب شامل حفظ بهداشت همگانی، حفاظت محیط زیست و جلوگیری از آلودگی منابع آب و استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده در بخشهایی چون کشاورزی و صنعت می باشد تأسیس تصفیه خانه های فاضلاب به تنهایی نگرانیهای زیست محیطی را برطرف نمی کند بلکه برای رسیدن به استانداردهای مطلوب زیست محیطی باید عملکرد تصفیه

خانه ها مدام تحت بررسی و ارزیابی قرار گیرند. همان گونه که ذکر شد با توجه به ماهیت متغیر فاضلاب به منظور حفظ پایداری فرآیندهای تصفیه در شرایط مطلوب، بهره برداری صحیح تصفیه خانه فاضلاب از اهمیت بسزایی برخوردار می باشد. در این راستا، مدل های هوش مصنوعی به منظور شبیه سازی رفتار سیستم تصفیه خانه می تواند بعنوان یک ابزار مؤثر مورد استفاده واقع گردد شبکه هوش مصنوعی مجموعه ای از نورون هایی است که با قرار گرفتن در لایه های مختلف، معماری خاصی را بر مبنای ارتباط بین نورونها تشکیل می دهند. به طور ی که نورون یک واحد ریاضی غیر خطی بوده و در نتیجه یک شبکه عصبی نیز یک سیستم پیچیده و غیر خطی خواهد بود این شبکه ها دارای سه لایه به نام های لایه ورودی، لایه های میانی (پنهان) و لایه خروجی می باشند. (محمد زاده، ۱۳۸۲: ۲۵) هر نورون بردار ورودی را در وزن های خود ضرب و با مقدار خطا جمع و حاصل این عبارت ورودی خالص به تابع محرکه خواهد شد.

۱- مفاهیم

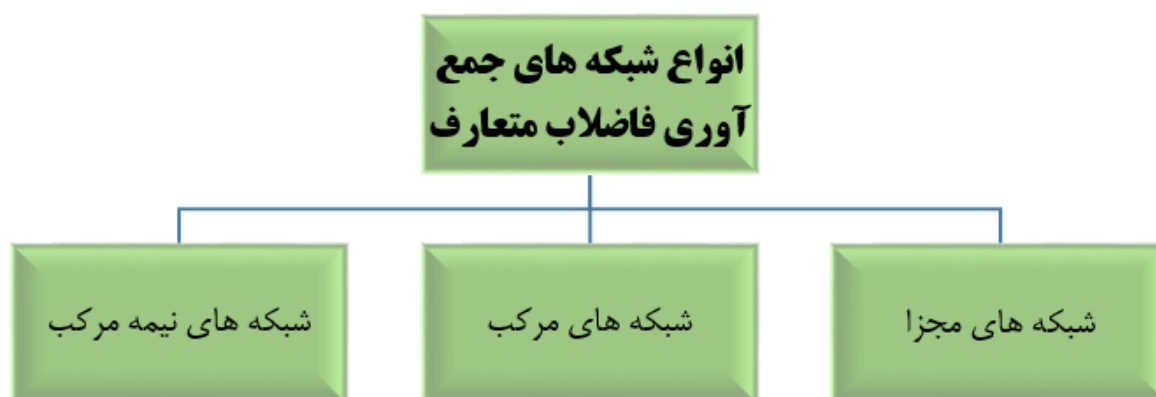
۱-۱- هوش مصنوعی^۱

هوش مصنوعی، یک سیستم خبره رایانه ای است که توانایی دارد مانند یک انسان خبره را شبیه سازی و تصمیم سازی کند. هوش مصنوعی در حقیقت شبیه سازی هوش انسانی برای کامپیوتر است که بر سه پایه یادگیری، استدلال و ادراک استوار است و رایانه ها با قدرت حافظه کمکی، قدرت محاسبه کمکی، قدرت شناخت کمکی و قدرت اراده به انسان کمک می کنند. (توکلی، ۱۳۹۷: ۴۲) واقعیت این است که ارائه ی تعریفی جامع و مانع از هوش مصنوعی شاید چندان عملی نباشد، لکن به عنوان تعریفی نسبتاً پذیرفته شده در باب چیهستی این بخش از علوم که نشانگر اهداف و آمال دانشمندان مشتغل به آن است؛ می توان از تعریفی که فیگن باوم به دست داده، استفاده نمود. براساس این تعریف «هوش مصنوعی بخشی از علوم رایانه ای است که معطوف به طراحی سیستم های رایانه ای هوشمند است؛ یعنی سیستمی که ویژگی هایی را از خود به نمایش می گذارند که تداعی گر هوش و رفتار انسانی است؛ از قبیل: فهم زبان، یادگیری، استدلال، حل مسأله و..... (حسنی، ۱۳۹۷: ۱۳۲)

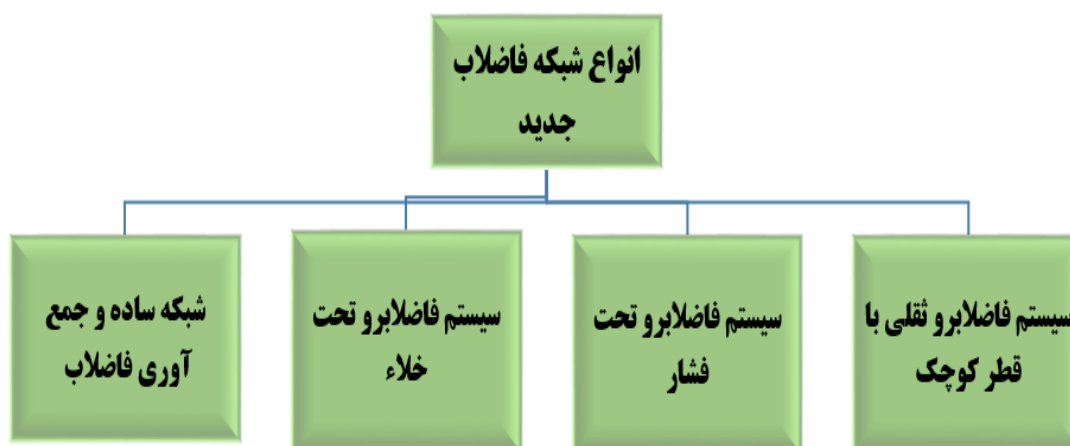
۱-۲- انواع شبکه های فاضلاب

با گسترش شبکه های فاضلاب در ایران، عملکرد این شبکه ها از ابتدای احداث تا بهره برداری و نگهداری می بایست بیش از پیش مورد توجه مسئولان و نهادهای ذیربط قرار گیرد. باتوجه به اینکه احتمال مواجهه شبکه های فاضلاب با مخاطرات طبیعی و ناهنجاری های مختلف بسیار است؛ در صورت عدم مدیریت مناسب، سیستم با حوادث زیان باری روبرو خواهد شد. بدین ترتیب تحلیل و بررسی شاخص های پایداری، قابلیت اطمینان و تاب آوری سیستم های فاضلاب، راهی برای جلوگیری و مدیریت اینگونه چالشهاست. که هوش مصنوعی یکی از بهترین و کارآمدترین روش های جلوگیری از آسیب های شبکه ی فاضلاب است. شبکه های فاضلاب به چند دسته تقسیم می شوند. شبکه های مرکب؛ که در این شبکه ها آب باران و فاضلاب باهم جمع آوری می شوند. شبکه های نیمه مرکب در برخی شهرها که به دلیل وجود دو بخش قدیمی با کوچه های باریک و بخش جدید با کوچه های پهن امکان اجرای شبکه مجزا در همه جا وجود ندارد از ترکیبی از دو شبکه استفاده می گیرد. فاضلاب های بهداشتی و تجاری و نیز صنایع و کارگاه هایی که در محدوده شهر قرار دارند، به طور جداگانه جمع آوری و به تصفیه خانه هدایت می شود. همچنین، در صورت نیاز به جمع آوری رواناب سطحی نیز یک شبکه مجزا طراحی و اجراء می شود. (قیومی نیا، ۱۳۹۱: ۷۷)

¹ - Intelligence



شبکه جمع آوری فاضلاب جدید چهار دسته تقسیم می شود:



۱-۲-۱- سیستم فاضلاب و ثقلی با قطر کوچک

در فاضلاب روهای ثقلی با قطر کم نیز مشابه فاضلاب روهای مرسوم از عامل شیب برای انتقال فاضلاب استفاده می شود با این تفاوت که قبل از فاضلاب روی ثقلی با قطر کم یک مخزن سپتیک قرار می گیرد. عمل ته نشینی که در ابتدا در داخل تانک سپتیک انجام می شود، بخش عمده مواد جامد فاضلاب را جدا می کند که همین امر باعث کاهش قطر خطوط فاضلاب و می شود. لوله های به کار رفته از جنس پلاستیک سبک بوده و می تواند در عمق نسبتاً کم قرار گیرد. در سیستم فاضلاب روی ثقلی با قطر کم نیازی به آدمرو نیست. در عوض در نقاطی از شبکه باید برای تعمیر خطوط جمع آوری محل های تمیزکاری تعبیه می شود. دستگاه های اعلام خطردر داخل تانک سپتیک نصب می شود. تا در صورت بالا آمدن سطح آب در داخل آن که ناشی از هرگونه مشکلات احتمالی در داخل خطوط است. به ویژه آژیر یا بوق خطر عوامل مربوطه را مطلع سازند. (قیومی نیا، ۱۳۹۱: ۶۲) در جدول شماره ۱ مزایا معایب و موارد کاربرد این روش ذکر شده است:

(جدول شماره ۱)

مزایا	معایب	موارد کاربرد
۱. کاهش زمان و هزینه احداث شبکه	۱. ضرورت احداث سپتیک	۱. اجتماعات کوچک
۲. حداقل نیاز به منهول یا حذف منهول‌ها و در نتیجه کاهش مقدار نشتاب، آب‌های نفوذی	۲. ضرورت تخلیه دوره‌ای لجن سپتیک‌تانک	۲. منازل پراکنده در کنار دریا، جاده‌ها و نظایر آن
۳. حداقل نیاز به نیروی انسانی متخصص برای راهبری و بهره‌برداری و نگهداری شبکه	۳. افزایش خطر خوردگی تاج لوله‌های بتنی	
۴. کاهش قطر لوله و عمق ترانشه	۴. مناسب نبودن سیستم SDGS برای شبکه مرکب	
۵. تصفیه فاضلاب تا حدودی	۵. مناسب نبودن سیستم برای انتقال فاضلاب کارگاه‌های شهری به‌علت غلظت بالای شن و مواد معلق قابل‌ته‌نشینی	
۶. کاهش هزینه‌های تصفیه و حجم خاکبرداری	۶. بالا بودن پتانسیل تولید بو	
۷. افزایش سرعت در کارگذاری لوله		

۱-۲-۲- شبکه جمع‌آوری فاضلاب تحت فشار

در فاضلاب‌روهای تحت فشار به جای تبعیت از ثقل، از نیروی تولید شده به وسیله پمپ‌ها استفاده شده است. فاضلاب خانه‌ها، اماکن عمومی، مراکز تجاری و فاضلاب‌های صنعتی در یک مخزن سپتیک جمع‌آوری و خروجی مخزن توسط یک تلمبه‌خانه به خط اصلی جمع‌آوری فاضلاب متصل می‌شود. از آنجا که در فاضلاب‌روهای تحت فشار از نیروی ثقل تبعیت نمی‌شود، لذا خطوط لوله شبکه را می‌توان بدون توجه به جهت شیب در ترانشه‌های باریکی قرار داده و روی آن را پوشانید. بطور کلی سیستم‌های فاضلاب‌روی تحت فشار را می‌توان به سه دسته کلی بشرح زیر تقسیم بندی نمود: یکی سیستم پمپاژ پساب خروجی از سپتیک تانک و پمپ رانش، در این نوع شبکه تحت فشار، کل فاضلاب تولیدی در ساختمانهای مسکونی، تجاری یا اداری به صورت ثقلی وارد مخزن سپتیک شده و از طریق ته نشینی، به سه لایه تفکیک می‌گیرد؛ روغن و جامدات معلق در لایه بالایی قرار می‌گیرند، مواد جامد سنگین در لایه پایینی ته نشین می‌شوند و لایه میانی که سیالی عاری از مواد جامد است، بعد از عبور از یک فیلتر، از طریق پمپ به درون فاضلاب‌روی تحت فشار رانده می‌شود. پمپ در داخل یک چاهک تر که داخل مخزن سپتیک یا در مجاورت آن قرار دارد، نصب می‌شود. سیال خروجی از فیلتر مخزن سپتیک، به این چاهک تر تخلیه شده و بعد از رسیدن تراز سطح آب به ارتفاعی معین یک حسگر یا سنسور، پمپ را فعال مینماید تا پمپاژ آغاز شود؛ با پایین افتادن سطح آب در چاهک تر، سنسور دوم فعال شده و پمپاژ جریان قطع می‌گیرد. لازم به ذکر است که معمولاً یک سنسور سوم نیز در چاهک تر پیش بینی می‌شود که در صورت بروز مشکل در عملکرد سنسورهای اول و دوم، فعال شده و اعلام خطر می‌کند. دیگری سیستم مجهز به پمپ خردکننده می‌باشد. در این نوع شبکه تحت فشار، مخزن سپتیک وجود ندارد و برای پیش تصفیه فاضلاب (به منظور جداسازی از مواد جامد) از پمپ خردکننده استفاده می‌شود؛ این پمپ معمولاً در یک چاهک تر از جنس پلاستیک قرار گرفته و توسط سنسورهای تعبیه شده در چاهک، با تغییر سطح فاضلاب روشن و خاموش می‌شود. یک سنسور دیگر نیز وظیفه اعلام خطر در صورت بروز مشکل در سیستم را بر عهده دارد که وجود آن ضروری است زیرا به لحاظ حجم کوچک چاهک، در صورت بروز اشکال در سیستم، مشکل باید سریعاً و در همان روز توسط خدمه نگهداری از تاسیسات برطرف شود. (احمدی مطلق، ۱۳۸۷: ۴۳) در جدول شماره ۲ مزایا و معایب و موارد کاربرد شبکه جمع‌آوری فاضلاب تحت فشار ذکر شده است. مزایا و معایب:

(جدول شماره ۲)

مزایا	معایب	موارد کاربرد
۱. عدم نیاز به شیب‌بندی	۱. نیاز به تجهیزات برقی و مکانیکی و در نتیجه افزایش مقدار مصرف انرژی	۱. مناطق سنگلاخی
۲. کاهش هزینه‌های احداث شبکه (کاهش قطر- کاهش حفاری و منهول)	۲. سپتیک شدن فاضلاب در شبکه و ایجاد بوهای زننده و خوردگی	۲. مناطق با سطح بالای آب‌های زیرزمینی
۳. عدم نیاز به ساخت منهول و جلوگیری از نفوذ نشتاب و آبهای نفوذی	۳. نیاز به کادر متخصص و با تجربه جهت بهره‌برداری	۳. مناطق دارای پستی و بلندی زیاد
۴. کاهش بار آلی و هیدرولیکی ظرفیت تصفیه‌خانه فاضلاب به‌عملت استفاده از پمپاژ پساب سپتیک‌تانک	۴. افزایش هزینه بهره‌برداری و نگهداری	۴. مناطقی با منازل پراکنده
	۵. ضرورت آموزش مردم	۵. مناطقی با زمین کاملاً مسطح
		۶. مناطق دارای منازل زیرزمینی گود

۱-۲-۳- شبکه‌های تحت خلا (مکشی)

شبکه‌های فاضلاب تحت مکش همان طور که از اسمش پیدا است فاضلاب را از یک مکان با مکش و ایجاد خلاء به مکان دیگرانتقال می‌دهد. این عمل با استفاده از یک ایستگاه پمپاژ انجام می‌شود.

در شبکه‌های مکشی، فاضلاب به صورت ثقلی از محل مصرف به یک انباره موقت تخلیه شده و از آنجا توسط نیروی مکشی ایجاد شده در ایستگاه پمپاژ مرکزی با شدت زیاد به داخل شبکه اصلی کشیده می‌شود. شدت نیروی مکشی معمولاً به اندازه‌ای زیاد است که کلیه قطعات جامد موجود در فاضلاب را در هم می‌شکند و بنابراین در این نوع شبکه‌ها نیز می‌توان مانند شبکه‌های تحت فشار، از لوله‌های پلاستیکی با قطر کم استفاده نمود. همچنین به دلیل عدم اتکای سیستم به نیروی ثقل، می‌توان لوله‌ها را در عمق کم و به موازات سطح طبیعی زمین کار گذاشت، اگرچه معمولاً شیب اندکی به سمت پایین دست را برای شبکه در نظر می‌گیرند و هر جا که عمق لوله از حد معینی فراتر رود، از ایستگاه بالابر استفاده می‌شود.

۱- استفاده از این نوع شبکه معمولاً تنها در مناطق مسطح یا با شیب اندک متداول است چون نیروی مکشی حاصل از خلا محدوده بوده و نمیتواند فاضلاب را بیش از ۶ متر ارتفاع به بالا بکشد.

۲- بیشترین فاصله سرشاخه شبکه فاضلاب تا موقعیت ایستگاه مکش بسته به شرایط توپوگرافی عموماً بیش از ۴ کیلومتر طول نمی‌تواند داشته باشد.

۳- در شبکه‌های تحت خلا به علت وجود نیروی مکشی شدید، معمولاً رسوب گذاری و گرفتگی لوله‌ها رخ نمیدهد و بنابراین در این نوع شبکه نیازی به تعبیه آدمرو یا چاهک بازرسی نمیباشد.

۴- پمپ‌های خلا در ایستگاه پمپاژ مجهز به سنسور هشداردهنده یا اعلام خطر هستند؛ به علاوه برای مواقع قطع برق معمولاً یک ژنراتور اضطراری پیش بینی می‌شود که وظیفه تامین انرژی مورد نیاز سیستم را بر عهده دارد؛ با این وجود کنترل روزانه پمپ‌های مکشی در ایستگاه پمپاژ و کنترل سالانه دریچه‌های پنوماتیک انبارهای فاضلاب ضروری بوده و از اهمیت زیادی برخوردار است. در جدول شماره ۳ مزایا معایب و موارد کاربرد این روش ذکر شده است:

(جدول شماره ۳)

مزایا	معایب	موارد کاربرد
۱. عدم نیاز به شیب‌بندی لوله‌ها	۱. نیاز بیشتر به تجهیزات برقی و مکانیکی و در نتیجه افزایش مصرف برق	۱. زمین‌های مسطح
۲. عدم نیاز به منهول و کاهش مقدار آبهای نفوذی و نشست به بیرون و درون لوله	۲. افزایش وابستگی تامین هزینه‌ها از طریق قبض مشترکین (بیشتر از ۷۵ درصد از کل هزینه‌ها)	۲. مناطق با سطح بالای آب زیرزمینی
۳. کاهش هزینه‌های احداث شبکه	۳. افزایش هزینه بهره‌برداری، به‌علت نیاز به نیروی فوری جهت رفع نواقص و خرابی‌های سیستم	۳. مناطق دارای خاک‌های سست و زمین‌های سنگلاخی
۴. کم بودن قطرلوله اصلی (۷/۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر) و هزینه تهیه و نصب فاضلابروهای اصلی	۴. افزایش مشکلات هزینه‌های راهبری و نگهداری شبکه	۴. مناطق تپه ماهوری با تغییرات بسیار کم رقوم ارتفاعی
۵. عملکرد مناسب در مناطق صاف و بدون شیب، مناطق تپه ماهوری، کاهش عمق خط پروژه	۵. مشکل‌تر بودن نصب شبکه فاضلابرو اصلی در این سیستم نسب به سایر روش‌ها	
۶. سرویس چند خانه توسط یک شیر خلا	۶. غیرقابل استفاده بودن برای شرایط روستایی ایران	
۷. سهولت نصب با توجه به موانع زیرزمینی		
۸. لزوم یک منبع نیرو در ایستگاه خلا		

۱-۲-۴- شبکه های ساده شده

در شبکه ساده شده، ضابطه حداقل قطر فاضلابروها و حداقل پوشش روی لوله ها کاهش یافته و شیب فاضلابروها به جای ضابطه حداقل سرعت، بر مبنای تنش برشی و نیروی کششی تعیین می شود. در این نوع شبکه، فاضلابروها در صورت امکان در پیاده روها نصب میشوند تا بارهای سنگین ترافیکی بر آنها وارد نشود و آدروهای شبکه نیز حذف یا ساده تر شده و از تعداد آنها کاسته می شود که مجموع این اقدامات معمولاً منجر به صرفه جویی در هزینه های اجرایی پروژه می شود. سایر خصوصیات اصلی شبکه های ساده شده به شرح ذیل است.

الف- در صورت امکان، محدوده مورد نظر به چندین حوزه سرویس تقسیم می شود تا هر یک از آنها شبکه جمع کننده و تصفیه خانه مربوط به خود را داشته باشند

ب- در طراحی شبکه های ساده شده، دوره طرح را کوتاه تر در نظر می گیرند تا هزینه اجرای پروژه کاهش یابد.

ج- در سرشاخه های شبکه که میزان جریان فاضلاب کم تری است، استفاده از لوله هایی با قطر کوچکتر منجر به افزایش عمق جریان و در نتیجه افزایش سرعت در لوله ها می شود که پاکسازی و خود شستشویی لولها را بهبود می بخشد. نتایج بررسیهای تجربی نشان میدهد که استفاده از لوله هایی به قطر ۱۰۰ میلیمتر در سرشاخه ها مشکل خاصی در بهره برداری و نگهداری شبکه ایجاد نموده و هزینه های اجرایی را نیز کاهش میدهد.

د- به منظور تامین امکان شستشوی خودکار شبکه، به جای ضابطه حداقل سرعت از ضابطه حداقل تنش برشی مورد نیاز (که برای جابجایی و معلق سازی دانه ماسه به قطر یک میلیمتر کافی است) استفاده می شود.

ه- در شبکه فاضلاب ساده شده، به جای آدروهای متداول، از آدروهایی با قطر کمتری استفاده می گیرد چون به علت کمتری بودن عمق کارگذاری لوله های شبکه و امکان استفاده از تجهیزات مدرن بهره برداری، دیگر نیازی به ورود پرسنل به داخل شبکه نمی باشد. در محل تغییر شیب یا تغییر راستای مسیر نیز به جای آدرو از یک محفظه ساده مدفون در

خاک استفاده می شود. با این وجود، در موارد ذیل استفاده از آدموهای سنتی اجتناب ناپذیر است. در جدول شماره ۴ مزایا معایب و موارد کاربرد این روش ذکر شده است:

(جدول شماره ۴)

مزایا	معایب	موارد کاربرد
۱. استفاده در جوامع با تراکم زیاد	۱. نیاز به آشغالگیر در ورودی ها و تخلیه در هر دوره	۱. مناطق شهری با تراکم جمعیتی بالا و کم درآمد
۲. استفاده از فاضلابروهای با قطر کوچک	۲. مشکل در تخلیه آشغال در صورت ورود آن به شبکه	۲. مناطق روستایی و شهری با درآمد بالا اصولاً در برزیل
۳. استفاده از ترانشه های با عمق کم	۳. نیاز به احداث چربی گیر در داخل آشپزخانه	۳. در مناطقی که استفاده از سبتیک تانک برای دفع فاضلاب آنها امکان پذیر نباشد

ارزیابی تاب آوری شبکه های فاضلاب شهری ذکر شده در بالا در مقابل تهدیدها همواره به عنوان یکی از مسایل اساسی در طراحی و بررسی عملکرد این زیرساخت مطرح است. ناکارآمدی در این شبکه ها می تواند خسارات جبران ناپذیری در بخشهای اقتصادی، زیست محیطی، اجتماعی و سلامتی به همراه داشته باشد. "هوش مصنوعی اگر چه می تواند با چالش هایی در مرحله پیاده سازی روبرو شود، اما تهدیدها با ماهیتی نامشخص و غیر قابل پیش بینی را کنترل می کند". امروز بهره برداری و نگهداری بهینه از شبکه های فاضلاب شهری با هدف افزایش عمر مفید سرویس دهی شبکه، تبدیل به یکی در چالش های صنعت آب و فاضلاب گشته است. عمر زیاد شبکه فاضلاب در بسیاری از شهرها و در نتیجه، خوردگی در اغلب خطوط منجر به افزایش زبری و فروریختن شبکه و در پی آن مشکلات ترافیکی، اجتماعی و زیست محیطی شده است. تعمیر فاضلابروهای آسیب دیده با روشهای قدیمی و لوله گذاریهای مجدد با حفر ترانشه، کاری بسیار مشکل می باشد، لذا روشهای نوین تعمیر، بهسازی و بازسازی شبکه های فاضلاب مدتهاست که در کشورهای پیشرفته در حال اجرا است. اخیراً نیاز به ورود تکنولوژیهای روز و بومی نمودن آنها در کشور ما نیز مورد توجه قرار گرفته است. معایب قابل توجه در برخی فاضلابروها تازه اجرا شده، نیز لزوم آشنایی با شیوه های بهسازی فاضلابروها از جمله هوش مصنوعی را مشخص می نماید که در صورت بروز حادثه در شبکه فاضلاب و با توجه به بار آلودگی آن، بحران ناشی از هرگونه تأخیر یا شکست در مهار جریان عواقب وخیمی در پی خواهد داشت. لذا با توجه به اینکه همواره پیشگیری بهترین راه حل می باشد، "به کارگیری یا استفاده از هوش مصنوعی" در این زمینه نیز حائز اهمیت است.

۲- کاربردهای هوش مصنوعی در شبکه و تصفیه فاضلاب

۲-۱- کاربردهای هوش مصنوعی در شبکه فاضلاب

هوش مصنوعی می تواند پیش بینی خرابی و نشت فاضلاب را انجام دهد. با استفاده از داده های حسگرها مانند فشار و دما و الگوریتم های یادگیری ماشین، سیستم های هوش مصنوعی قادر به شناسایی نشت های کوچک و پیش بینی خرابی ها در شبکه های فاضلاب هستند تا بتوانند قبل از تبدیل شدن به مشکلات بزرگ تر، اقدامات پیشگیرانه انجام دهند. همچنین، این فناوری با تحلیل داده های تاریخی و لحظه ای، می تواند الگوهای نشت و خرابی را تشخیص داده و هشدارهای زود هنگام ارائه کند.

نمونه هایی از این کاربردها شامل سیستم های تشخیص ترکیدگی لوله و نشت با پردازش سیگنال های فشار و جریان به صورت زمان واقعی است که در پروژه های مختلف به کار گرفته شده اند.

۲-۱-۱- پیش بینی و پیشگیری تعمیر و نگهداری شبکه ی فاضلاب

هوش مصنوعی می تواند خرابی تجهیزات و نیازهای تعمیر و نگهداری را با تجزیه و تحلیل داده های حسگرهای نصب شده در پمپها، دمنده ها و سایر تجهیزات حیاتی پیش بینی کند. با شناسایی الگوهایی که نشان دهنده خرابی های احتمالی هستند، هوش مصنوعی می تواند تیم های تعمیر و نگهداری را از قبل مطلع کند و به آنها اجازه می دهد تا قبل از وقوع خرابی های پرهزینه، تعمیر و نگهداری پیشگیرانه را انجام دهند. این کمک می کند تا زمان خرابی به حداقل برسد، هزینه های تعمیر کاهش می یابد و عملکرد روان تصفیه خانه تضمین می شود. سیستم های نظارت بر کیفیت آب مجهز به هوش مصنوعی به طور مداوم داده های حسگرهای مختلف قرار گرفته در طول فرآیند تصفیه را تجزیه و تحلیل می کنند. اگر داده ها نشان دهنده انحراف از استانداردهای نظارتی یا یک مشکلی قریب الوقوع باشد، هوش مصنوعی می تواند برای اطلاع به اپراتورها هشدار دهد. برای مثال، اگر سطح آمونیاک از حد مجاز فراتر رود، هوش مصنوعی می تواند اپراتورها را برای انجام اقدامات اصلاحی و جلوگیری از نقض محیط زیست مطلع کند. (طاهریون، ۱۳۹۵: ۱۳۲) هوش مصنوعی نقش های متعددی در پیش بینی و پیشگیری از مشکلات عدم تصفیه مناسب فاضلاب ایفا می کند که مهم ترین آنها عبارتند از:

۱- پایش و مدیریت کیفیت آب حاصل از باز چرخانی از طریق داده های حسگرهای آنلاین را تحلیل می کند تا پارامترهای کیفی مانند BOD، COD، TSS و pH را به صورت لحظه ای پایش و در صورت بروز انحراف هشدار دهد که به شناسایی زود هنگام مشکلات کمک می کند.

۲- پیش بینی انسداد و نشت لوله ها به این اعتبار که با تحلیل داده های جریان، فشار و دما، مدل های یادگیری ماشین می توانند ناهنجاری ها و مشکلات احتمالی مانند گرفتگی یا نشت را پیش بینی کنند و هشدارهای به موقع صادر نمایند.

۳- پیش بینی و پیشگیری از خرابی تجهیزات؛ به این جهت که هوش مصنوعی با تحلیل داده های تاریخی و لحظه ای عملکرد تجهیزات مانند پمپها و هواده ها، زمان وقوع خرابی ها را پیش بینی کرده و برنامه های نگهداری پیشگیرانه را پیشنهاد می دهد تا از توقف ناگهانی جلوگیری شود.

۴- مدل سازی و شبیه سازی سیستم ها؛ به این اعتبار که هوش مصنوعی قادر است جریان آب و فاضلاب را در شبکه های پیچیده شبیه سازی و تغییرات احتمالی را پیش بینی کند که به طراحی و مدیریت بهتر شبکه کمک می کند.

۵- کاهش خطاهای انسانی و افزایش دقت؛ یعنی با تحلیل داده های گسترده و پیچیده، AI خطاهای انسانی را کاهش داده و تصمیم گیری های دقیق تری برای پیشگیری از مشکلات ارائه می دهد.

بنابراین پیش بینی و پیشگیری از مشکلاتی مانند نشت، انسداد لوله ها و خرابی تجهیزات، بهینه سازی فرآیندهای تصفیه، کاهش مصرف انرژی و مواد شیمیایی، کنترل خودکار فرآیندها مانند هوادهی و مدیریت لجن، ارائه هشدارهای هوشمند برای مدیریت فعال شبکه و جلوگیری از سرریز و آلودگی، این نقش ها باعث افزایش پایداری، کاهش هزینه ها و بهبود عملکرد شبکه های فاضلاب می شوند. (محمد زاده، ۱۳۹۹: ۱۴۱)

۲-۱-۲- شناسایی اشکالات در سیستم آبرسانی

یکی از چالش‌های بسیار حیاتی در شبکه آبرسانی شهری و مناطق مختلف است، مشکلات و خرابی‌ها در لوله‌ها و انشعابات این شبکه را شامل می‌شود. به عنوان مثال، تجمع رسوب در لوله‌ها و افزایش فلزات خطرناک در آب ناشی از زنگ زدگی لوله‌ها و تاسیسات، از مسائلی است که در این شبکه رخ می‌دهد. در تصفیه آب، اطلاعاتی درباره انواع مشکلات و خطرات موجود در شبکه آبرسانی به هوش مصنوعی ارائه می‌شود. این فرآیند زمان‌بر است، اما در نهایت شناسایی اشکالات و خرابی‌ها را تسریع می‌بخشد. به عنوان مثال، یکی از تأثیرات مهم هوش مصنوعی در تصفیه آب، شناسایی منازل و ساختمان‌هایی است، که لوله‌های آب آنها حاوی سرب هستند. با شناسایی این ناحیه‌ها، می‌توان اقدام به تعویض لوله‌ها کرد تا از ورود سرب به آب و بروز بیماری‌های مختلف جلوگیری شود در سال ۲۰۱۸، این طرح با استفاده از هوش مصنوعی در ایالت میشیگان آمریکا معرفی شد و هنوز در مراحل تحقیقاتی به فعالیت خود ادامه می‌دهد. (احمدی مطلق، ۱۳۸۷: ۴۴)

هوش مصنوعی می‌تواند انسداد لوله‌های فاضلاب را با استفاده از روشهای زیر پیش بینی کند:

- ۱- نصب حسگرهای هوشمند در نقاط مختلف شبکه که به طور مداوم فشار، دما و جریان فاضلاب را اندازه‌گیری می‌کنند. این داده‌ها به سیستم مرکزی ارسال شده و توسط الگوریتم‌های هوش مصنوعی تحلیل می‌شوند.
- ۲- تحلیل داده‌های زمان واقعی و تاریخی جریان و سطح فاضلاب با مدل‌های یادگیری ماشین مانند شبکه‌های چندلایه که جریان را تا ۴۸ ساعت آینده پیش بینی می‌کنند و ناهنجاری‌هایی مانند انسداد را شناسایی می‌نمایند.
- ۳- تشخیص ناهنجاری‌ها و تغییرات غیرعادی در جریان و فشار که می‌تواند نشان‌دهنده انسداد یا محدودیت در لوله‌ها باشد. سیستم‌های هوشمند با کاهش هشدارهای کاذب، امکان واکنش سریع و پیشگیرانه را فراهم می‌کنند.
- ۴- تشخیص ناهنجاری‌ها و تغییرات غیرعادی در جریان و فشار که می‌تواند نشان‌دهنده انسداد یا محدودیت در لوله‌ها باشد. سیستم‌های هوشمند با کاهش هشدارهای کاذب، امکان واکنش سریع و پیشگیرانه را فراهم می‌کنند.
- ۵- یادگیری مستمر سیستم از داده‌های تاریخی و شرایط محیطی مانند بارندگی برای بهبود دقت پیش بینی انسداد و هشدار به موقع به اپراتورها جهت انجام تعمیرات پیشگیرانه.

۲-۱-۳- کنترل اتوماتیک فرآیندها

یکی از چالش‌های بزرگ در تصفیه فاضلاب، تنظیم بهینه فرآیندهایی مانند هوادهی، مدیریت لجن فعال و استفاده از مواد شیمیایی است. با استفاده از داده‌های به دست آمده از سنسورها و دیگر منابع، می‌توان مدل‌هایی را آموزش داد که نقاط ضعف و نیازهای تعمیر و نگهداری تجهیزات را پیش بینی کنند و از این طریق جلوگیری از خرابیهای گران قیمت و اختلال در فرآیندها صورت گیرد. هوش مصنوعی می‌تواند این فرآیندها را به صورت خودکار و هوشمند کنترل کند تا بازدهی افزایش یابد و مصرف منابع کاهش هوش مصنوعی امکان اتوماسیون کامل تصفیه خانه‌ها را فراهم می‌کند، از جمله:

کنترل خودکار هوادهی بر اساس نیاز واقعی اکسیژن

تنظیم دوز مواد شیمیایی بر اساس اطمینان از کیفیت آب حاصل از باز چرخانی ورودی نظارت و کنترل از راه دور برای مدیریت آسان تر تصفیه خانه‌ها (رنگزن، ۱۴۰۰: ۱۵۲)

۲-۲- کاربردهای هوش مصنوعی در تصفیه فاضلاب

۲-۲-۱- نظارت و کنترل در زمان واقعی

سیستم‌های مجهز به هوش مصنوعی به طور مداوم پارامترهای مختلفی را در فرآیند تصفیه فاضلاب نظارت می‌کنند، مانند نرخ جریان، سطح، کدورت، اکسیژن محلول و غلظت مواد مغذی. الگوریتم‌های هوش مصنوعی این داده‌های لحظه‌ای را تجزیه و تحلیل می‌کنند تا تصمیمات آگاهانه و تنظیماتی را در روند درمان اتخاذ کنند. برای مثال، هوش مصنوعی می‌تواند سرعت پمپ‌ها، نرخ هوادهی و دوز شیمیایی را برای بهینه‌سازی راندمان تصفیه بر اساس ویژگی‌های نوسان ورودی و تغییر شرایط محیطی کنترل کند. (روستایی، ۳۹۹: ۴۵)

۲-۲-۲- بهینه‌سازی و بهبود فرآیند تصفیه با هوش مصنوعی

هوش مصنوعی مقادیر زیادی از داده‌های تاریخی را برای شناسایی الگوها و ارتباط بین پارامترهای مختلف فرآیند تصفیه و کیفیت پساب حاصل، تجزیه و تحلیل می‌کند. این اطلاعات برای بهینه‌سازی فرآیند تصفیه، تنظیم عواملی مانند دوزینگ شیمیایی، نرخ هوادهی و زمان ته‌نشینی برای دستیابی به کیفیت مطلوب پساب به طور کارآمدتر استفاده می‌شود. هوش مصنوعی همچنین می‌تواند فرآیند تصفیه را برای کنترل متغیرها در ویژگی‌های تاثیرگذار، مانند تغییرات فصلی یا رویدادهای ناگهانی آلودگی، تطبیق دهد. یکی از حیاتی‌ترین و اصلی‌ترین نقش‌های هوش مصنوعی در تصفیه آب، بهبود فرآیند تصفیه است. روش‌ها و فرآیندهای متنوعی برای تصفیه آب ارائه شده‌اند که هر یک دارای نقاط ضعف مختلفی هستند. با ارائه داده و اطلاعات مناسب، می‌توان ماشین را قادر ساخت تا نواقص فرآیندها را شناسایی کرده و روشهای بهبودیافته را ارائه دهد. با توجه به نوع الگوریتمی که برای هوش مصنوعی انتخاب می‌شود، کیفیت و دقت خروجی‌های آن متفاوت است. در این زمینه، تحقیقات و مقالات متعددی ارائه شده‌اند و اغلب این ابتکارها هنوز در مقیاس بزرگ پیاده‌سازی نشده‌اند. (رفعت، ۱۴۰۱: ۵۵)

۲-۲-۳- افزایش کیفیت پساب خروجی فاضلاب

در دستگاه‌های تصفیه پساب خروجی فاضلاب و خروجی تصفیه در خانه‌های بزرگ ممکن است به دلایل مختلف، با کاهش کیفیت روبرو شود. استفاده از هوش مصنوعی در این شرایط به عنوان راهکار ایده‌آلی برای اندازه‌گیری پارامترها و ایجاد تغییر در فرآیند تصفیه معرفی شده است. به عبارت دیگر، هوش مصنوعی اندازه‌گیری انجام می‌دهد، تصمیم‌گیری می‌کند، و تصمیمات خود را پیاده‌سازی می‌کند. این قابلیت در دستگاه‌های پیشرفته تصفیه پساب خروجی فاضلاب پیاده‌سازی شده است و در چند سال اخیر، بسیاری از برندها از این تکنولوژی بهره‌مند شده‌اند.

۲-۲-۴- افزایش عملکرد و بازیابی منابع دستگاه تصفیه با هوش مصنوعی

هوش مصنوعی با تضمین کیفیت آب تصفیه شده و جلوگیری از ورود آلاینده‌ها به محیط زیست، به ارتقای اطمینان از کیفیت آب حاصل از باز چرخانی کمک می‌کند. هوش مصنوعی می‌تواند فرآیندهای بازیابی منابع را در تصفیه فاضلاب، مانند هضم بی‌هوازی و حذف مواد مغذی، بهینه کند. با تجزیه و تحلیل داده‌های لحظه‌ای در مورد محتوای مواد آلی و سطوح مواد مغذی، هوش مصنوعی می‌تواند زمان بندی و دوزینگ مواد شیمیایی را بهینه کند و کارایی حذف مواد مغذی را افزایش دهد. علاوه بر این، هوش مصنوعی می‌تواند فرآیندهای هضم بی‌هوازی را برای به حداکثر رساندن تولید بیوگاز از لجن، بهینه‌سازی کند و منبع انرژی تجدیدپذیر ارزشمندی را فراهم کند. بر اساس اطلاعات و داده‌های ابتدایی که در مرحله

آموزش به هوش مصنوعی ارائه می شود، امکان بهبود عملکرد دستگاه و تجهیزات را فراهم می کند. با اندازه گیری و تجزیه و تحلیل دقیق پارامترهای آب در ورودی و خروجی دستگاه، زمان شستشوی ممبران، تعویض فیلتر و قطعات داخلی تعیین می شود. (قیومی نیا، ۱۳۹۳: ۲۸)

۲-۲-۵- کاهش هزینه های تصفیه آب با هوش مصنوعی

در تمام صنایع مدیریت هزینه ها نقش بسیار حیاتی ایفا می کند و در زمینه تصفیه آب نیز نمی توان از این موضوع غافل شد. هوش مصنوعی با شناسایی زمان دقیق خرابی قطعات، کاهش نقش انسان و اپراتورها در فرآیند تصفیه و بهبود عملکرد دستگاه تا حد مطلوب، اثر گذار است. هوش مصنوعی با بهینه سازی فرآیند تصفیه و پیش بینی و پیشگیری از مشکلات، به افزایش کارایی و راندمان سیستم تصفیه فاضلاب کمک می کند. هوش مصنوعی با کاهش مصرف انرژی و مواد، بهینه سازی تعمیرات و نگهداری و پیشگیری از بروز مشکلات، به کاهش هزینه های تصفیه فاضلاب کمک می کند. (حسنی آهنگر، ۱۳۸۸: ۷۱) با توجه به افزایش جمعیت و محدودیت منابع آب شیرین در سطح جهان، فناوری هوش مصنوعی، به ویژه در بخش پایش و پیش بینی، به ابزاری حیاتی برای مواجهه با این چالش ها تبدیل شده است. انواع الگوریتم های یادگیری ماشین و شبکه های عصبی، قادرند پیچیدگی های مربوط به ترکیبات مضر موجود در فاضلاب را تجزیه و تحلیل نموده و با پیش بینی دقیق میزان آلاینده ها، راه حل های موثرتری برای حذف یا کاهش آن ها ارائه دهند علاوه بر آن، فناوری هوش مصنوعی در کاهش هزینه های عملیاتی و نگهداری ایفاگر نقش کلیدی است. سیستم های هوشمند قادر به شناسایی زودهنگام مشکلات و خرابیها در تجهیزات تصفیه خانه فاضلاب هستند. همچنین به کارگیری سیستم های هوشمند در مدیریت تقاضا و عرضه آب، به تعادل بیشتر میان منابع آب و نیازهای مصرف کنندگان کمک می کند. در نهایت، استفاده از هوش مصنوعی در فرآیندهای تصفیه فاضلاب، نه تنها منجر به بهبود فنی و اقتصادی در این صنعت می شود، بلکه به پایداری محیط زیستی نیز کمک شایانی می نماید این فناوری، با کمک به حفاظت از منابع طبیعی و کاهش آثار زیان بار انسانی بر محیط زیست، امکان دستیابی به یک آینده پایدارتر و سالم تر را میسر می سازد.

۳- روشهای سنتی بازسازی و نوسازی شبکه های فاضلاب و بررسی احتمال جایگزینی با ربات

هنگامی که لوله ای برای کاربری خاص به بهره برداری میرسد، پس از گذشت مدتی، تراوش و نشست از این لوله اجتناب ناپذیر خواهد بود. این تراوشها علاوه بر اینکه عامل بسیار مهمی در تلفات اقتصادی لوله ها است، خود نخستین علتی است که سبب ترک خوردگی یا ایجاد نقص بیشتر در لوله ها می شود. بنابراین به منظور جلوگیری از انهدام خط لوله یا ایجاد خرابی بزرگتر در شبکه، باید بازسازی این لوله ها در اولویت قرار گیرد.

۳-۱- پاشش ملاقات مقاوم سیمان الیافی

این روش در حقیقت پاشیدن پوشش ملات سیمان شامل الیاف به درون فاضلابرو میباشد. ملات این پوشش میتواند کلسیم آلومینیم به همراه الیاف پلی پروپیلن یا شیشه باشد الیاف مضاف سبب تغییر خواص مکانیکی ملات شده و میزان آن در تنظیم این خواص مؤثر می باشد. این روش قابل کاربرد توسط روبات و یا عوامل انسانی میباشد. بنابر این هوش مصنوعی در این بخش می تواند جایگزین انسان گردد.

EPA/600/R-09/048. May. 2009

۳-۲- پاشش پوششهای پلیمری

مواد پوشش جدید فاضلابرو در این روش حاوی پلی اورتان یا اپوکسی می باشند. برای اقطار بزرگ توسط عامل انسانی انجام می گیرد.

۳-۳- روش غوطه ور سازی

از این روش جهت انسداد درزها و ترکها در لوله ها استفاده می شود. در این روش محلول دارای پایه سدیم در محل چاهک ابتدایی تهیه و پس از مسدود کردن ورودی و خروجی مجرای فاضلاب به داخل مجرا تخلیه می شود. به علت فشار موجود، دوغاب میتواند به داخل درزها و خاکها با دانسیته کم نفوذ نماید. پس از ۳۰ دقیقه این محلول به خارج پمپ شده و پس از آن مسیر بلافاصله با محلول می شود، که میتواند با محلول ترکیب و مادهای با دوام و قوی تشکیل داده و موجب پایداری مجاری و آدروها و جلوگیری از نشتی فاضلاب گردد. این روش قابلیت استفاده بهتری برای هوش مصنوعی دارد. (Rishabh Sethi. 2020: 119)

۳-۴- راندن پوششهای پیوسته داخل لوله بدون شکستن لوله فرسوده قدیمی

در این روش یک لوله پوششی جدید با قطر کمتر در داخل لوله موجود قرار میگیرد. به این صورت است که لوله جدید به لوله فرسوده وارد شده و توسط یکی از دو انتهای لوله که قابل هدایت بوده، کشیده می شود. هنگامی که عملیات کشیدن لوله تمام شد و لوله جدید در جایی که میخواهیم قرار گرفت، وسایلی که لوله را کشیده اند، از سوراخی که برای این کار استفاده شده، خارج میشوند اجرای کار با این روش بسیار سریع بوده و نیاز به تجهیزات و نیروی انسانی کمتری دارد. اندازه چاهک ورودی و خروجی لوله بستگی به قطر و جنس لوله دارد. قطر خارجی این لوله ها حدوداً ده درصد کوچکتر از قطر داخلی لوله های قبلی می باشد. تمام نواقص به جز خمی و شکست لوله با این روش می تواند رفع گردد. (Todd B. Whitaker. 1990. p: 113)

۳-۵- راندن پوششهای پیوسته داخل لوله همراه با شکستن لوله فرسوده قدیمی

در روش راندن پوششهای پیوسته داخل لوله بدون شکستن لوله اولیه که بیان شد، قطر لوله کاهش یافته و دبی گذرنده از لوله و ظرفیت لوله نیز کاهش می یابد. به بیان دیگر، برای ساخت شبکه جدید، در داخل شبکه لوله فرسوده قدیمی، ظرفیت خط لوله کاهش مییابد. اگر بخواهیم شبکه ظرفیت بیشتری را انتقال دهد، باید قطر لوله افزایش یابد. روش لوله رانی از جمله روشهای بدون ترانشه است که جایگزینی فاضلابروهای جدید را بوسیله شکافتن و جابجا کردن لوله موجود و نصب لوله جایگزین در فضای خالی ایجاد شده، انجام میدهد همه لوله ها اعم از بتن، پلاستیکی، چدنی و... توسط این روش میتواند به لوله های جدید تبدیل شود و در عین حال، میتوان ۳۰ درصد قطر آنها نسبتاً به قطر لوله های قبلی افزایش یابد، اما این امر به شرایط خاک پیرامون لوله و نزدیکی به سایر تأسیسات و عمق پوشش خاک روی لوله بستگی دارد. از مهمترین مزایای این روش بر هم نزدن سطح زمین و قابلیت افزایش ظرفیت هیدرولیکی مجاری میباشد، که این امر در مناطق پرتراфик شهری از اهمیت بیشتری برخوردار است. این سیستم بازسازی و لوله گذاری، فناوری منحصر به فردی است که در اقطای ۲۰۰ الی ۶۰۰ کاربرد دارد (احمدی مطلق، ۱۳۸۷: ۸۳).

۳-۶- راندن پوششهای مقطع داخل لوله بدون شکستن لوله فرسوده قدیمی

در این روش قطعات پیش ساخته لوله درون فاضلابرو قدیمی مونتاژ شده و در نهایت یک لوله داخل فاضلابرو قدیمی ساخته خواهد شد. جاسازی لوله از طریق منهول و با فشار محوری که به لوله وارد می شود، انجام میگردد. این لوله ها توسط حلقه های پلاستیکی انتهایی به یکدیگر وصل می شوند و هنگامی که به لوله فشار محوری وارد می شود حلقه ها در هم قفل می شود این روش بسیار سریع بوده این روش بسیار سریع بوده، به طوری که با استفاده از ابزار هیدرولیکی چند صد متر لوله گذاری در روز می تواند توسط یک نفر انجام پذیرد. (Matthew Johnson. 2010. p: 98)

۳-۷- پوششهای نواری ماریچ

در این روش از نوارهای پلاستیکی که توسط دستگاه های ثابت یا متحرک داخل فاضلابرو پیچانده می شود، استفاده می کنند. این نوارها توسط زوایدی که در لبه های آن تعبیه شده است، درهم قفل شده و به واسطه تمایل برای گسترش شعاعی در لوله و یا مصالح چسباننده به لوله قدیمی می چسبد. این روش هم برای اقطار کوچک و هم بزرگ قابل استفاده است در اقطار کوچک از روش اسپیرال از طریق آدرو و یا نقطه دسترسی مناسب و با استفاده از لبه های بهم پیوسته در انتهای لوله کار انجام و به داخل لوله هدایت می گردند. در نهایت فواصل موجود بین لوله قدیم و جدید به کمک ملات و ماسه و سیمان و یا گروت پر میگردند.

۳-۸- روش کاهش قطر و رانش لوله های شکل پذیر

این روش مبتنی بر کاهش قطر لوله های شکل پذیر در اثر کشش و عبور از غلتکهای دستگاههای آن، می باشد. قطر لوله پس از نصب و آزاد شدن نیروی کشش وارده به مقدار اولیه بازگشته و به عنوان پوشش داخلی لوله ایفای نقش خواهد نمود اصولاً در این روش قطر لوله ها به استفاده از غالب کاهنده مخصوص میتواند به میزان ۱۰٪ تا کاهش داده شود تا لوله براحتی به درون لوله قدیمی ارسال گردد.

۳-۹- روش پوششهای تا خورده

در این روش مقطع لوله شکل پذیر (مثلاً لوله های جدید از جنس پلیاتیلن) به واسطه عبور از ابزار خاص تغییر شکل یافته و در واقع مانند شکل زیر به صورت امگا تا میخورد. البته این کار میتواند در کارخانه و یا در محل صورت پذیرد. بدین طریق لوله فوق براحتی به داخل لوله آسیب دیده از طریق منهول ارسال می شود. روش کار بدین طریق است که سر لوله به وسیله یک کابل از طریق آدم رو بعدی کشیده می شود سپس لوله تا خورده آرام آرام وارد لوله قدیمی میگردد این لوله وقتی به انتهای خط رسید ابتدا و انتهای آن را بسته و سپس با روشهای حرارتی (بخار آب گرم) یا مشابه به شکل مدور درآمده و توسط حرارت یا تحت فشار داخلی به حالت اولیه خود باز میگردد و به دیواره داخلی لوله چسبیده و هیچ گونه فضای خالی مابین دیواره های قدیمی و جدید باقی نمی ماند. بنابراین در این روش نیازی به تزریق مواد پراکنده بین لوله نمی باشد. با این روش می توان تا حدود ۱۰۰ متر لوله را روز بازسازی و ترمیم کرد. (Pipe line Rehabilitation by Sliplining with PE) (Pipe-2006. p: 79)

۴- بررسی مدل‌های هوش مصنوعی در تصفیه فاضلاب

در سالهای اخیر مطالعات مختلف با استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی در تصفیه آب و فاضلاب، جهت مدل سازی و بهینه سازی فرآیند، مانند حذف آلاینده ها از آب انجام شده است. به طور کلی در فرایندهای حذف و جذب آلاینده ها، متغیرهای ورودی عبارتند از غلظت اولیه آلاینده، مقدار جاذب، زمان، سرعت هم زدن و دما، درحالیکه متغیر خروجی عمدتاً راندمان حذف و ظرفیت جذب است. این مدل ها در زیر به آن پرداخته می شود:

۴-۱- رنگها

آلاینده های آلی موجود در فاضلاب شامل موادی هستند که از مواد طبیعی استخراج شده اند یا ساخته شده اند، مانند رنگها، روغنها، مواد شیمیایی و سایر ترکیبات آلی. رنگها یکی از مهمترین نوع آلاینده های آلی در فاضلاب هستند رنگها از فعالیتهای صنعتی، کشاورزی، خانگی، نیروگاه ها، تصفیه خانه های فاضلاب و به طور معمول با فرآیندهای پیچیده و گستردهای از جمله استخراج، اصلاح رنگ، روشهای ریختن، ریختن رنگ و تولید در صنایع مختلف تولید می شوند. استفاده از روشهای مختلفی برای حذف رنگ از فاضلاب وجود دارد که هوش مصنوعی یکی از مهمترین و بهترین راه هاست. شیمی کاهشی و اکسیداسیون متقابل از جمله روشهایی هستند که برای حذف رنگهای آلی استفاده می شوند. از طرفی، بهینه سازی فرآیند تصفیه فاضلاب و استفاده از الگوریتمهای پیشرفته مانند نانوفیلتراسیون، استخراج با استفاده از هیدرو ژل برای حذف رنگهای آلی مؤثر است. در هر صورت، حذف رنگهای آلی از فاضلاب پیچیده است و نیازمند ترکیبی از روشهای مختلف هوش مصنوعی برای بهبود کیفیت آب و تضمین بهداشتی آن است. (محبی، ۱۳۹۰: ۳۲)

۴-۲- آلاینده های فلزی (فلزات سنگین)

فلزات سنگین شامل عناصری مانند جیوه، سرب، کادمیوم، روی و مس هستند که به طور طبیعی در زمین وجود دارند و در برخی فرایندهای صنعتی به عنوان آلاینده در آبها و فاضلابها منتشر می شوند برخی از فلزات سنگین نیز به دلیل سمی بودن میتوانند خطراتی برای انسان و محیط زیست داشته باشند. این فلزات میتوانند به صورت مستقیم به فاضلاب در معرض گذاشته شوند یا در فرایندهای صنعتی مانند تولید باتری، صنایع فلزی، صنعت نساجی، پلاستیک و پیشرفته ترین الگوریتمها متولد شوند. فلزات سنگین در فاضلاب میتواند سمی برای پستانداران باشد و به طور مستقیم با چشم انداز به سلامت انسان دگرگون کننده های مختلفی را ایجاد کنند. از روشهای مختلفی جهت حذف فلزات سنگین از فاضلاب استفاده می شود؛ به عنوان مثال، استخراج با استفاده از فعال سازهای کربنی، فرآیندهای نانو ذرات، فعالسازی بیولوژیکی، بیواکسیدشدن و غیره از جمله روشهایی هستند که برای حذف فلزات سنگین از آبهای آلوده به کار میرود. در هر صورت، مدیریت مناسب فلزات سنگین در فاضلاب نیازمند ترکیبی از روشهای مختلفی برای بهبود کیفیت آب و تضمین بهداشتی آن به صورت مداوم است. (ذوقی، ۱۴۰۰: ۷۰۹)

۴-۳- آلاینده های آلی، داروها و آفت کشها

ترکیبات آلی عبارتند از ترکیباتی که شامل کربن هستند؛ بنابراین آنها می توانند در فاز آبی حضور داشته باشند، اما بسته به نوع ترکیب برای آنها ممکن است بیشتر مناسب با فاز گازی یا حتی فاز جامد باشند. داروها نیز به دلیل خواص آنتی بیوتیکی، ضدالتهابی و غیره ممکن است در فاز آبی حضور داشته باشند. این داروها به طور معمول در فرایندهای تصفیه آب به خوبی

حذف نمی شوند آفت کشها نیز ممکن است در فاز آبی حضورداشته باشند و مشکلات جدی برای محیط زیست و سلامتی انسانها به وجود آورند.

۵- نمونه های استفاده از هوش مصنوعی در صنعت تصفیه و مدیریت شبکه های فاضلاب در دنیا

میزان توجه به تصفیه فاضلاب در کشورهای مختلف، میتواند نمایانگر شرایط اقتصادی، جغرافیایی، فرهنگی و اولویتهای آن کشور باشد. کشورهای مختلف با رویکردهای گوناگون، هر یک به نحوی با چالشهای مدیریت محیط زیست رفتار می کنند. مطابق با مطالبی که ارائه کردیم، آلمان با توسعه زیرساختهای پیشرفته، هند با تلاش برای پوشش بیشتر شهرها، عربستان با نگاه مبتنی بر بازچرخانی و سنگاپور با تکیه بر توسعه فناوریهای جدید، به مدیریت این عرصه مهم پرداخته اند. این موضوع نمایانگر اهمیت ارتباط جهانی و به اشتراک گذاری تجربیات در این زمینه می باشد. (توکلی، ۱۳۹۰: ۴۶) در ایران، علی رغم مشکلات متعدد در حوزه محیط زیست و بحرانهای مربوط به کمبود یا آلودگی آب، توجه کمتری به موضوع تصفیه و بازچرخانی فاضلاب شده است. این کشور میتواند با استفاده از تجربیات سایر کشورهای پیشرو در این حوزه، به مدیریت کم آبی و چالشهای محیط زیستی خود بپردازد. الزامات این موضوع میتوان به برنامه ریزی صحیح، سرمایه گذاری بخش دولتی و خصوصی در این حوزه و استفاده و توسعه فناوریهای جدید اشاره کرد که در نهایت میتواند علاوه بر حل مشکلات زیست محیطی، منجر به دستیابی به منبع پایدار آب و انرژی شود

۵-۱- بازسازی شبکه فاضلاب - روش ایران cipp

بازسازی شبکه فاضلاب به روش فوق و استفاده از هوش مصنوعی در این زمینه، دو رویکرد مهم و مرتبط با هم هستند که برای بهبود عملکرد و عمر مفید شبکههای فاضلاب مورد توجه قرار می گیرند روشی است که در آن یک روکش پلیمری به داخل لوله های قدیمی تزریق شده و با پختن آن، یک لوله جدید داخل لوله قدیمی ایجاد می شود. هوش مصنوعی نیز می تواند در تحلیل داده ها، پیش بینی نیازهای تعمیر و نگهداری و همچنین بهینه سازی عملیات فوق استفاده می شود. شبکه های فاضلاب، به عنوان یکی از مهم ترین زیرساختهای شهری، تأثیرات چشمگیری در مسائل بهداشتی، اجتماعی و اقتصادی جامعه دارند. قدیمی بودن و فرسودگی شبکه فاضلاب، تخریب لوله ها به دلیل وجود گازهای شیمیایی، ورود کنترل نشده آبهای سطحی و انشعابات جانبی غیرقانونی به لوله، از جمله مهم ترین عوامل خرابی این شبکه است. نوسازی زیرساختهای تخریب شده، نتایج قابل توجهی در توسعه شهرها خواهد داشت. یکی از رویکردهای مدرن و پیشرفته برای بازسازی شبکه فاضلاب، بازسازی به روش (سی آی پی پی) می باشد. مزایای این روش مانند اجرای سریع، عدم آسیب به زیرساختها و جاده ها به دلیل عدم حفاری و همچنین عدم وجود مشکل ترافیک، باعث جذابیت بیشتر آن در سالهای اخیر شده است. با این حال، اجرای صحیح این روش با چالشهای بزرگی همراه است. با در نظر گرفتن و پیش بینی همه جوانب، این روش یکی از بهترین و سریع ترین روشها برای بازسازی خطوط فاضلاب است. همچنین، عدم رعایت صحیح این پیش نیازها، نتایج معکوسی در پی خواهد داشت.

۵-۲- مدیریت هوشمند فاضلاب در سانفرانسیسکو، ایالات متحد

کمیسیون خدمات عمومی سانفرانسیسکو یک سیستم مدیریت فاضلاب هوشمند مبتنی بر هوش مصنوعی را در تصفیه خانه فاضلاب^۲ خود پیاده سازی کرد. این سیستم از داده های در لحظه حسگرها برای بهینه سازی فرآیند تصفیه استفاده می کند. الگوریتمهای هوش مصنوعی پارامترهای کیفیت آب، نرخ جریان و مصرف انرژی را تجزیه و تحلیل می کنند تا تصمیمات و تنظیمات آگاهانه را در زمان واقعی اتخاذ کنند. این امر منجر به بهبود بازدهی در مصرف انرژی، کاهش دوزینگ شیمیایی و بهبود مدیریت کیفیت آب شده است که منجر به صرفه جویی در هزینه و مزایای زیست محیطی می شود. (نورویگ، ۱۳۹۴: ۸۲)

۵-۳- نظارت هوشمند بر کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه در کپنهاگ، دانمارک

شهر کپنهاگ یک سیستم نظارت بر کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه هوشمند مبتنی بر هوش مصنوعی را در تصفیه خانه فاضلاب خود پیاده سازی کرد. این سیستم به طور مداوم پارامترهای کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه از جمله مواد مغذی، اکسیژن محلول و آلاینده ها را کنترل می کند. الگوریتمهای هوش مصنوعی داده ها را در لحظه تجزیه و تحلیل می کنند تا هرگونه انحراف از استانداردهای نظارتی یا مشکلات احتمالی را تشخیص دهند. این به اپراتورها اجازه می دهد تا اقدامات اصلاحی فوری را برای حفظ کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه و جلوگیری از تخلفات زیست محیطی انجام دهند. (ترابیان، ۱۳۹۹: ۴۷)

۵-۴- مدیریت بهره وری انرژی در یوکوهاما، ژاپن

شهر یوکوهاما در ژاپن از هوش مصنوعی برای بهینه سازی مصرف انرژی در تصفیه خانه های فاضلاب خود استفاده می کند. سیستم های کنترل مبتنی بر هوش مصنوعی داده های لحظه ای قیمت انرژی، بار نیروگاه و الزامات فرآیند را تجزیه و تحلیل می کنند. الگوریتم های هوش مصنوعی، عملیات های پر انرژی را در ساعات کم مصرف (که هزینه های برق کمتر است) برنامه ریزی می کنند؛ که منجر به صرفه جویی قابل توجهی در انرژی و کاهش هزینه های عملیاتی می شود.

۵-۵- تعمیر و نگهداری پیشگویانه مبتنی بر هوش مصنوعی در تورنتو، کانادا

سازمان شهری که مسئول تصفیه فاضلاب در تورنتو، کانادا است، هوش مصنوعی را برای تعمیر و نگهداری قابل پیش بینی به کار گرفته است. الگوریتم های هوش مصنوعی می توانند با تجزیه و تحلیل داده های حسگرهای نصب شده بر روی تجهیزاتی مانند پمپها، میکسرها و دمنده ها، خرابیهای احتمالی را قبل از وقوع پیش بینی کنند. این رویکرد پیشگیرانه برای تعمیر و نگهداری به طور قابل توجهی زمان و هزینه های خرابی و تعمیر را کاهش داده است و عملکرد مداوم و قابل اعتماد تصفیه خانه را تضمین می کند.

۵-۶- هضم بی هوازی بهینه شده با هوش مصنوعی در سنگاپور

هیئت خدمات عمومی سنگاپور از هوش مصنوعی برای بهینه سازی هضم بی هوازی در تصفیه خانه های فاضلاب خود استفاده می کند. الگوریتم های هوش مصنوعی داده های لحظه ای در مورد محتوای مواد آلی و دما را برای بهینه سازی فرآیند تولید

²- SFPUC

بیوگاز تجزیه و تحلیل می‌کنند. با تنظیم پویای پارامترهای هضم، هوش مصنوعی بازده بیوگاز را به حداکثر می‌رساند، اتکای نیروگاه به منابع انرژی خارجی و کاهش ردپای کربن آن را کاهش می‌دهد. (حسنی آهنگر، ۱۳۸۸: ۹۹)

۵-۷- بهینه سازی فرآیند پویا در آرهوس، دانمارک

کارخانه تصفیه فاضلاب در آرهوس، دانمارک، یک سیستم بهینه سازی فرآیند پویای مبتنی بر هوش مصنوعی را پیاده سازی کرد. هوش مصنوعی به طور مداوم داده های در لحظه را از حسگرهای مختلف در طول فرآیند تصفیه تجزیه و تحلیل می کند و پارامترهای عملیاتی را بر اساس تغییر ویژگیهای نفوذی و شرایط محیطی تنظیم می کند. این رویکرد منجر به راندمان بهینه تصفیه و افزایش کیفیت پساب شده است. هوش مصنوعی می تواند در بهینه سازی فرآیند پویا ابزاری قدرتمند برای مقابله با چالشهای جهانی مرتبط با مدیریت آب و فاضلاب باشد و به بهبود پایداری و بهره وری در این حوزه کمک کند.

نتیجه گیری

در سالهای اخیر به دلیل وجود حجم زیادی از داده های جمع آوری شده از کمیت و کیفیت فاضلابها و لزوم استفاده مجدد از آبهای نامتعارف به دلیل کمبود منابع آب، استفاده از روشهای داده محور توسعه چشمگیری یافته است. در بین روشهای داده محور، شبکه های هوش مصنوعی برای مسائل کیفی آب که دارای رفتار پیچیده و غیرخطی اند دارای اهمیت و کاربردی اند. یکی از مزیت های اصلی هوش مصنوعی این است که با استخراج الگوها و یادگیری از داده ها، قادر به تشخیص و پیش بینی درست مسائل است. هوش مصنوعی می تواند به پیشگیری از گرفتگی و رسوب غشاهای در تصفیه فاضلاب کمک کند. نقش هوش مصنوعی در تصفیه فاضلاب را می توان در موارد زیر خلاصه کرد: پیش بینی کیفیت فاضلاب، بهینه سازی مصرف انرژی، کاهش تولید لجن، کنترل هوشمند فرآیند های تصفیه، تشخیص و رفع عیب تجهیزات، بهبود کارایی فرآیند های بیولوژیکی، مدیریت پساب.

با تحلیل داده های حسگرهای مختلف مانند شار نفوذی و فشار عبوری، الگوریتم های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین قادرند تشکیل رسوب غشایی را پیش بینی و کنترل کنند. مدلهایی مانند شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) و منطق فازی (FL) در این زمینه کاربرد دارند و می توانند سیستم های خودکار برای مدیریت رسوب غشا ایجاد کنند که باعث افزایش عمر و کارایی غشاهای می شود. این روش ها نسبت به مدل های مکانیکی دقت بالاتری دارند و به کاهش هزینه ها و بهبود عملکرد در فرآیندهای غشایی کمک می کنند. هوش مصنوعی به دلیل کاربردهای فراوان در زمینه های مختلف به عنوان ابزاری برای حل بهتر مشکلات مورد توجه قرار گرفته است. در سال های اخیر این الگوریتم در زمینه فرآیندهای تصفیه فاضلاب برای مدل سازی، بهینه سازی و ارائه راه حل هایی جهت مدیریت راهبردی جلوگیری، کاهش آلودگی آب، کاهش هزینه های عملیاتی و بهینه سازی مصرف موارد شیمیایی مورد استفاده قرار گرفته است. الگوریتم های مختلف هوش مصنوعی در فرآیندهای تصفیه فاضلاب بر روی جذب آلاینده و در اکثر موارد بر روی عملکرد جاذب ها جهت حذف آلاینده های آلی و فلزی تمرکز دارد. در این مطالعه مدل های مختلف هوش مصنوعی در فرآیندهای تصفیه فاضلاب ارائه و پس از مرور بر مطالعات انجام شده، چالش ها و مشکلات تحقیقات بیان شده است. با توجه به مزیت های فراوان در هوش مصنوعی، این الگوریتم با محدودیت هایی مواجه است که مانع گسترش آن در فرآیندهای تصفیه آب می شود. صرف نظر از این موانع، پیشرفت تحقیقات فعلی نشان می دهد که ابزارهای هوش مصنوعی دارای پتانسیل های بالا برای متحول کردن فرآیند و برنامه های تصفیه فاضلاب دارد. با توجه به افزایش جمعیت و نیز محدودیت منابع آب شیرین در سطح جهان، فناوری هوش مصنوعی، به ویژه در بخش پایش و پیش

بینی، به ابزاری بسیار مهم و حیاتی برای مواجهه با این چالش‌ها تبدیل شده است. انواع الگوریتم‌های یادگیری ماشین و شبکه های عصبی، قادرند پیچیدگی‌های مربوط به ترکیبات مضر موجود در فاضلاب را تجزیه و تحلیل نموده و با پیش بینی دقیق میزان آلاینده ها، راه‌حل‌های موثرتری برای حذف یا کاهش آن‌ها ارائه دهند. هوش مصنوعی یکی از ابزارهای کلیدی در حل مسائل زیست محیطی مانند حذف و جذب آلاینده های آلی و فلزی در آب است. یکی از روشهایی که میتوان از هوش مصنوعی برای حل این موضوع استفاده کرد، استفاده از یادگیری ماشین است. با استفاده از یادگیری ماشین، میتوان اطلاعاتی همچون خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آلاینده ها، خصوصیات آب و شرایط محیطی را به برنامه های هوش مصنوعی منتقل کرد. سپس، با شناسایی آلاینده ها، مقدار آنها و نیز شناسایی منابع آلاینده، هوش مصنوعی میتواند شرایط بهینه برای حذف و جذب این آلاینده ها را پیشنهاد دهد. هوش مصنوعی دارای پتانسیلهای بالا برای متحول کردن فرآیند تصفیه فاضلاب است مدلهای متعدد هوش مصنوعی (هم تک و هم ترکیبی) با موفقیت عملکرد جاذبههای مختلف را برای حذف رنگها، فلزات، ترکیبات آلی، داروها، آفت کشها و از آب پیش بینی کرده اند. صرفنظر از این موانع، پیشرفت تحقیقات فعلی نشان میدهد که ابزارهای هوش مصنوعی آینده درخشانی در برنامه های تصفیه آب دارند. در کل، هوش مصنوعی میتواند در یک مرحله کلیدی در کاهش آلودگی آب نقش داشته باشد و با بهینه سازی فرآیند حذف و جذب آلاینده ها، می تواند به بهبود کیفیت آب و حفظ محیط زیست کمک کند.

علاوه بر آن، فناوری هوش مصنوعی در کاهش هزینه های عملیاتی و نگهداری ایفاگر نقش کلیدی است. سیستم‌های هوشمند قادر به شناسایی زود هنگام مشکلات و خرابی‌ها در تجهیزات تصفیه خانه فاضلاب هستند. همچنین استفاده از سیستم‌های هوشمند در مدیریت تقاضا و نیز عرضه آب، به تعادل بیشتر بین منابع آب و نیازهای مصرف‌کنندگان کمک می‌کند. در نهایت، بکارگیری هوش مصنوعی در فرآیندهای تصفیه فاضلاب، نه تنها منجر به بهبود فنی و اقتصادی در این صنعت می شود، بلکه به پایداری محیط زیستی نیز کمک شایانی می‌نماید. این فناوری، با کمک به حفاظت از منابع طبیعی و کاهش آثار زیان بار انسانی بر محیط زیست، امکان دستیابی به یک آینده پایدارتر و سالم‌تر را میسر می‌سازد.

منابع

- ۱- احمدی مطلق، امیررضا، افشار، دکتر عباس، سیستم پشتیبان تصمیم گیر به منظور انتخاب روشهای مناسب به سازی شبکه های فاضلاب دومین همایش آب و فاضلاب - ۱۳۸۷ تهران
- ۲- ترابیان ع مطلبی. م. ۱۳۹۹ طرح مدیریتی استفاده مجدد از پساب تصفیه شده مطالعه موردی شهرک اکباتان مجله محیط شناسی سال بیست و نهم شماره ۳۲
- ۳- توکلی، م. جهانی بهنمیری ا. محمودی، ش. ۱۳۹۷، برنامه ریزی و مدیریت طرحهای استفاده مجدد از فاضلابهای تصفیه شده چاپ اول چاپ شرکت مدیریت منابع آب ایران
- ۴- حسنی آهنگر، م، کنگاوری، م، ۱۳۸۸، اصول و مبانی هوش مصنوعی: به همراه فصولی درباره هوش نمادین و هوش محاسباتی، تهران: دانشگاه امام حسین (ع) موسسه چاپ و انتشارات، چاپ اول
- ۵- ذوقی، م. ج، ذوقی، ت. سعیدی، م. ۱۴۰۰ پیش بینی غلظت آمونیوم و مواد آلی فاضلاب دفنگاه زباله با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی مجله فاضلاب شماره ۷۴ دوره ۲۱
- ۶- رجبی زاده، احمدیان، م و فاتحی زاده، ع ۱۴۰۱ بررسی وضعیت تصفیه فاضلاب و کیفیت پساب خروجی بیمارستانهای استان کرمان در سالهای ۱۴۰۱-۱۴۰۰ دوازدهمین همایش بهداشت محیط ایران دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی دانشکده بهداشت.
- ۷- رجبی، م، بهلولی ب، موسوی س. ج. ۱۳۹۸. تخمین سرعت موج استونلی از نگارهای پتروفیزیکی با استفاده از ماشین مشاوه هوشمند در سازند سروک دشت، آبادان مجله علوم دانشگاه تهران جلد ۱۳۹۱ سال پنجم، شماره ۱۲
- ۸- رفعت، متولی، ف، دانش ش. رجبی مشهدی، ج. ۱۴۰۱ بررسی امکان کاربری مدل شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه های فاضلاب نیمه، مکانیکال همایش ملی سنجش و مدل سازی محیط دانشگاه تهران
- ۹- رنگز، ن، پاینده، خ، لندی ۱۴۰۰ بررسی کیفیت پساب بر انباشت عناصر سنگین در دو گیاه سورگوم و شبدر نهمین کنگره علوم خاک ایران، تهران
- ۱۰- روستایی، س، شکرانه، ف، رحیم پور بناب ح و کدخدایی ایلخچی ع. ۱۳۹۹ تخمین تراوایی توسط تکنیک منطق فازی و روشهای آماری در میدان گاز پارس جنوبی مجله اکتشاف و تولید شماره ۵۹.
- ۱۱- زارع، ابیانه ح. بیات، ورکشی. بیات، ورکشی ج ۱۳۹۸ کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در ارزیابی تصفیه خانه فاضلاب اکباتان مجله. م. محیط شناسی سال سی و هشتم شماره ۳ و ۸
- ۱۳- صفوی، ح. ر. ۱۴۰۱ پیش بینی کیفی رودخانه ها با استفاده از سیستم استنتاج -فازی عصبی، محیط شناسی جلد ۱، شماره ۵۱۲
- ۱۴- طاهریون م. ۱۳۹۵ شبکه های عصبی مصنوعی و کاربرد آن در مهندسی محیط زیست اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست دانشگاه تهران
- ۱۵- فلاح قاهری، موسوی بایگی س. م، حبیبی نوخندان حبیبی نوخندان، م. ۱۳۸۸. مقایسه نتایج ۱۳۸۸ مقایسه نتایج به دست آمده از کاربرد سیستم استنباط فازی ممدانی و شبکه های عصبی مصنوعی در پیش بینی بارش فصلی مطالعه موردی منطقه خراسان مجله تحقیقات منابع آب، ایران سال پنجم شماره ۵۴

- ۱۶- قیومی نیا؛ مؤده معرفی روشهای مدرن به سازی شبکه های آسیب دیده فاضلاب و مقایسه تطبیقی آنها با شاخص عملکرد – تهران: همایش ملی علوم و مهندسی آب و فاضلاب – ۱۳۹۱ تهران
- ۱۷- محبی، م. بهلولی، ب محمدی نیا، م. و غلامپور آهنگی الف م و غلامپور آهنگر الف. ۱۳۹۰ پیش بینی سرعت موج برشی از نگارهای تخلخل به وسیله روشهای منطق فازی و عصبی - فازی در یکی از مخازن کربناتی جنوب ایران مجله علوم، زمین سال بیستم شماره ۸۰
- ۱۸- محمد زاده م. ب. بابامیر ش. ۱۳۹۹ بررسی کارایی تصفیه خانه فاضلاب شهرک اکباتان تهران طی سالهای ۷۹-۸۰ فصلنامه علمی - پژوهشی، فیض شماره ۲۵
- ۱۹- ندیری ع اصغری، مقدم، الف، عبقری... فیجانی. الف. ۱۳۹۹ توسعه مدل های هوش مصنوعی مرکب در برآورد قابلیت انتقال آبخوان مطالعه موردی دشت تسوج، تحقیقات منابع آب، ایران سال نهم، شماره ۱۱
- ۲۰- نورویگ، پ، راسل، استوارت جاتان، ۱۳۹۴ ترجمه: جعفرنژاد قمی،، عین الله، هوش مصنوعی (رهیافتی نوین)، تهران: علوم رایانه، چاپ هفتم

منابع لاتین

- 1-Pipe line Rehabilitation by Sliplining with PE Pipe – Chapter 11-2006. –
- 2- Rishabh Sethi -new Lease of life to existing Sewerage systems without digging (trenchless technology). - EAW – Insituform
- 3- Matthew Johnson - Sewer Rehabilitation design requirements Prepared – 2010
- 4-Jim Heyen- Choices for Sewer rehabilitation
- 5-EPA/600/R-11/017|2011|www. epa. gov/nrmrl Quality Assurance and Quality Control Practices for Rehabilitation of sewer and water Mains
- 6- Todd B. Whitaker. sewer system rehabilitation and the effectiveness of chemical grouting. 1990
- 7- EPA/600/R-09/048. May 2009. Rehabilitation of wastewater collection and water distribution system. www. Epa. gov/nrmrl.