

امکان سنجی استفاده از پساب جهت تغذیه مصنوعی آبخوان در دشت یزد اردکان

مریم مروتی (کارشناس ارشد علوم محیط زیست دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاداسلامی)
مسعود منوری (استادیار دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاداسلامی)
امیرحسام حسینی (استادیار دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاداسلامی)

چکیده

شده، برای ترمیم و جبران افت آب زیرزمینی در دشت یزد-اردکان می بایست امکان سنجی شود.

کلمات کلیدی: پساب، تغذیه مصنوعی، آبخوان، تصفیه، دشت یزد-

اردکان.

Tel: 09133527142 مریم مروتی

یکی از اهداف مصرف پساب های تصفیه شده شهری، استفاده از آن ها برای تغذیه مصنوعی دشت های بدون جریان آب سطحی می باشد. استفاده از این پساب ها به ویژه در دشت هایی که دارای افت سطح آب زیرزمینی به علت برداشت های بی رویه این منابع می باشند، از اهمیت و ضرورت بیش تری برخوردار است.

دشت یزد اردکان در استان یزد دارای مراکز جمعیتی، صنعتی و کشاورزی مهمی است. از حدود ۴۰ سال پیش به علت برداشت بی رویه از آب زیرزمینی این دشت، افت سطح آب زیرزمینی در این آبخوان شروع شده است، لذا وزارت نیرو به منظور جلوگیری از افت بیش تر سطح آب، از سال ۱۳۴۶ این دشت را ممنوعه اعلام کرد. آمارها و اطلاعات موجود نشان می دهد که افت سطح آب زیرزمینی همچنان ادامه دارد و کاهش کیفیت آب برخی از چاه ها و نشست زمین در برخی مناطق از بحرانی بودن وضعیت این دشت می باشد بنابراین استفاده از هر نوع منبع آب به ویژه پساب های تصفیه

مقدمه

انتقال جدید آب با هزینه های زیاد و خسارات محیط زیستی قابل توجهی، استحصال شوند. در سال های اخیر، کشورهای توسعه یافته با بهره گیری از فناوری های پیشرفته توانسته اند این منابع را حتی برای مصارف شرب جوامع خود مورد استفاده قرار دهند. نوع استفاده از این آب ها معمولاً بستگی به شرایط کیفی آن ها و شرایط کمبود آب در منطقه دارد (۲).

مجوز کاربرد پساب ها براساس خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی صادر می شود، بنابراین اندازه گیری های کیفی و میکروبیولوژیکی به ویژه در مورد پساب های تصفیه نشده اهمیت زیادی دارد و در انتخاب نوع استفاده از آنها نقش مهمی ایفا می کند. به همین علت، سازمان های مسئول محیط زیست و بهداشت در سطح جهان، دستورالعمل ها و استانداردهای مشخصی را از نظر کیفی برای این آب ها، تدوین نموده اند (۳). امروزه حدود ۲/۵ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی دنیا به وسیله پساب ها آبیاری می شوند که معادل یک درصد کل اراضی تحت آبیاری در سطح جهان است (۴).

مواد و روش ها

کاربرد پساب در جهان

تصور استفاده و بهره برداری از پساب های خام یا تصفیه شده به دنبال کاهش

یکی از مهم ترین نیازهای توسعه در هر کشور آب است، آب نه تنها برای توسعه شهرها و صنایع لازم است بلکه یکی از عوامل توسعه کشاورزی نیز به شمار می آید. افزایش جمعیت و توسعه کشاورزی و صنایع و محدود بودن منابع آب تجدیدپذیر و قابل دسترس در جهان سبب شده است که سرانه آب قابل دسترس افراد جامعه روز به روز کاهش یابد و بعضی از نقاط جهان با تنش مواجه شوند، در چنین وضعیتی، اهمیت منابع آب های غیرمتعارف نظیر آب های شور و پساب های شهری و صنعتی و کشاورزی بیش از پیش نمایان شده است. اما با تکنولوژی های موجود و پیشرفته تصفیه پساب ها، به راحتی می توان از این منابع در جهت کاهش و کمبود آب، بهره برداری نمود (۱). پساب های شهری و صنعتی یکی از مهم ترین منابع آبی هستند که دفع آن ها با ایجاد آلودگی های شدید برای انسان توأم است. اتکا و توجه انسان به پساب ها به عنوان منبع جدید آب، موضوع خیلی جدیدی نبوده و از سده های قبل همواره بهره برداری مجدد از آن ها با رعایت مسایل بهداشتی مورد توجه قرار داشته است به ویژه این که پساب های تصفیه شده اغلب متأثر از خشک سالی ها نبوده و از طرف دیگر پساب های تصفیه شده می تواند جایگزین منابع آب جدیدی باشد که می بایست از طریق احداث سد و یا تأسیسات

جدول ۱. خلاصه ای از وضعیت استفاده از پساب را در چند کشور جهان (۴).

نام کشور	کاربرد پساب
آفریقای جنوبی	در این کشور ۳۲ پساب ها مجدداً برای کارهای مختلف استفاده می شوند که ۱۶ آن برای آبیاری محصولات کشاورزی است. اراضی آبیاری شده با این آب ها نزدیک به ۲۸۰۰ هکتار می باشند.
آلمان	۸۸۰۰۰ هکتار زمین در این کشور با پساب آبیاری می گردد.
انگلستان	در سال ۱۹۸۸ در ۶۰ پروژه مختلف از این پساب ها استفاده شده است و این روند، رو به افزایش است.
ایالات متحده آمریکا	در این کشور تعداد تصفیه خانه های فاضلاب در سال ۱۹۴۰، ۱۵۰ عدد بود که تا سال ۱۹۸۰ به ۳۴۰۰ عدد افزایش یافت. در این میان ایالت های مختلف، ایالت کالیفرنیا در استفاده از پساب های تصفیه شده از دیگران پیشی گرفته است.
تونس	در سال ۱۹۸۸، حجم آب تصفیه شده در این کشور ۷۸ میلیون مترمکعب بوده که ۹۵ درصد از این آب ها در کشاورزی به کار می روند.
چین	بزرگترین مساحت اراضی آبیاری شده با پساب در چین است که مساحت کل آن در حدود ۱/۳ میلیون هکتار برآورد شده است.
شیلی	در سال ۲۰۰۲، مساحت اراضی آبیاری شده با پساب ۱۶۰۰۰ هکتار بوده است.

زیست و استاندارد قانون برنامه سوم توسعه می باشد. در این استانداردها، میزان مجاز پارامترهای مختلف کیفی در پساب جهت استفاده در مصارف کشاورزی، تخلیه به آب سطحی و تخلیه به آب زیرزمینی (چاه جاذب) مشخص شده است (۵).

روش های تغذیه مصنوعی پساب

روش های مختلفی برای تغذیه مصنوعی آبخوان ها وجود دارد که انتخاب هر کدام از آنها بستگی به شرایط زمین، خاک، آب و هوا، نوع آبخوان، عمق آب زیرزمینی، وضعیت تملک زمین و نوع مصرف مجدد از فاضلاب دارد. این روش ها عبارتند از:

۱. روش نفوذ با آبیاری

بسته به اینکه از چه نوع روش آبیاری استفاده شود (آبیاری سطحی یا قطره ای)، بخشی از آب آبیاری که به مصرف گیاه نمی رسد نهایتاً به آب زیرزمینی می پیوندد. نرخ نفوذ به آبخوان در این روش معمولاً کم است به طوری که بین ۰/۰۵ تا ۰/۲ متر در هفته متغیر می باشد.

۲. روش پخش فاضلاب در حوضچه های تغذیه

پخش کردن خروجی فاضلاب ها بر روی زمین طبیعی در حوضچه های مخصوص و نفوذ دادن آنها در زمین می تواند به عنوان یک مرحله دیگر از تصفیه فاضلاب قلمداد شود (تصفیه مرحله سوم)، که منجر به بهسازی پساب تصفیه شده می گردد و امکان استفاده مجدد از آن را فراهم می سازد. در این روش، نرخ نفوذ و تغذیه به آب زیرزمینی معمولاً بالاست و بین ۰/۵ تا ۱۰ متر در هفته، بسته به شرایط محلی تغییر می کند. در این روش وسعت زیادی از زمین برای احداث تاسیسات مورد نیاز است، خاک باید نفوذ پذیر باشد و آبخوان باید از نوع آزاد باشد. در این روش زون غیراشباع خاک و محیط متخلخل آبخوان مانند فیلتر های طبیعی موجب تصفیه بیشتر پساب می شوند. به این فرآیند تصفیه به وسیله خاک و آبخوان (SAT) نیز گفته می شود.

۳. روش جریان روی زمین

در مناطقی که خاک ها دارای نفوذپذیری پایینی هستند (نظیر رس و لوم های رسی)، فاضلاب تصفیه شده بوسیله تکنیک های آبیاری یا افشانی به بالادست قطعات مزروعی شیب دار منتقل می شود و اجازه داده می شود تا به صورت ورقه های جریان آب به سوی نهرهای جمع آوری رواناب، سرازیر شوند در این روش تنها بخش کوچکی از فاضلاب جریان یافته به زمین نفوذ می کند و بنابراین نقش کمی در تغذیه آبخوان دارد.

۴. روش چاه تزریق

در این روش فاضلابی که تصفیه مرحله سوم را پشت سر گذرانده و از کیفیت

منابع آب ابتدا در جوامع پیشرفته ایجاد شد. جدول شماره (۱) خلاصه ای از وضعیت استفاده از پساب را در برخی از کشورهای جهان نشان می دهد (۴) بخش عمده پساب های تصفیه شده شهری در مناطق خشک و نیمه خشک جهان، برای مصارف کشاورزی مورد مصرف مجدد قرار می گیرند. از آنجا که در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک جهان ۷۰ تا ۹۰ درصد آب مصرفی برای آبیاری به مصرف می رسد، بنابراین مصارف آبیاری می تواند فرصت ها و امکانات قابل ملاحظه ای را برای مصرف مجدد پساب های تصفیه شده فراهم سازد.

کاربرد پساب در ایران

در کشور ایران استفاده از پساب تصفیه شده عمدتاً در بخش کشاورزی معمول بوده و سابقه چندانی در استفاده از جهت تغذیه مصنوعی آبخوان وجود ندارد (۵).

ملاحظات کیفی مربوط به پساب تزریقی

سوابق و مطالعات نشان می دهند که معیار و مقررات یکسانی در زمینه کیفیت پساب برای استفاده در تغذیه مصنوعی در سطح دنیا وجود ندارد و این معیارها در هر کشوری تابع شرایط محلی از قبیل کیفیت و حجم آب زیرزمینی منطقه، وضعیت زمین شناسی منطقه و غیره می باشد. براساس دستورالعمل آژانس حفاظت محیط زیست در مورد مصارف مجدد پساب ها به هنگام استفاده از آن ها برای تغذیه مصنوعی باید نکات زیر رعایت شود:

* در تغذیه مصنوعی آبخوان های غیرشرب از طریق پخش سطحی و یا چاه تزریق، بسته به نوع محل و نوع مصرف آب بازیافتی، بایستی حداقل تصفیه ثانویه بر روی پساب انجام گیرد.

* در تغذیه مصنوعی آبخوان های شرب به روش چاه تزریق، بایستی علاوه بر تصفیه ثانویه و گندزدایی، فرآیند صاف سازی و تصفیه پیشرفته نیز انجام گیرد و آب بازیافتی بدون کلیفرم باشد.

یکی از مهم ترین معیارها در تزریق پساب ها به آب زیرزمینی به ویژه آبخوان هایی که مصرف شرب دارند حذف ترکیبات نیتروژن است. البته این ترکیبات معمولاً در محیط متخلخل غیراشباع خاک اشباع خاک نگه داشته می شود و یا تجزیه می شود ولی با این حال مراقبت بیش تری از این نظر باید اعمال گردد.

موضوع مهم دیگر ضرورت حذف مواد جامد معلق در پساب تزریقی است. این مواد می توانند باعث ایجاد گرفتگی در منافذ محیط متخلخل و روزه های دیواره چاه تزریق شوند و به همین علت ظرفیت تزریق را کاهش می دهند.

در کشور ایران به دلیل نوباً بودن کاربرد پساب در تغذیه مصنوعی، استاندارد و معیارهای کیفی واحد و تجربه شده ای در این زمینه وجود ندارد. دو استاندارد مهم موجود که می توان از آن استفاده کرد، استاندارد سازمان حفاظت محیط

بین ارتفاعات و نواحی دشتی و پست آن می‌توان اظهار داشت که از نواحی شرقی و غربی محدوده مطالعاتی به طرف مرکز از ارتفاع متوسط منطقه کاسته شده و به تبع آن میزان شیب منطقه نیز کاهش می‌یابد (۶). محدوده مورد مطالعه دارای ۷ تیپ اصلی اراضی، ۲ تیپ از اراضی متفرقه و یک تیپ از اراضی مخلوط می‌باشد. (۹).

سیمای پوشش گیاهی در محدوده مطالعاتی گیاهان درختچه‌ای و بوته‌ای است و گیاهان دارای حداکثر ارتفاع ۶ متر و دارای چند ساقه فرعی می‌باشند. سه نوع جامعه گیاهی اصلی با توجه به شرایط محیطی مشاهده می‌شود که شامل استپ‌های خشک، نمکزارهای مرطوب و تپه‌های شنی است (۱۰). محدوده مطالعاتی، علیرغم شرایط نامساعد جوی و منابع محدود آب و فقر پوشش گیاهی، زیستگاه پستانداران و پرندگان، با ارزشی چون قوچ میش، کل و بز، آهو، پلنگ، جیبر، زاغ بور، هوبره و... است (۱۱).

• موقعیت عمومی، گسترش و نوع آبخوان

دشت آبرفتی یزد- اردکان دارای وسعت زیادی بوده به طوری که انتهای شمال غربی آبخوان یزد- اردکان به کویر سیاه کوه (کویر اردکان) و بخشی از آبخوان عقدا متصل می‌شود و در انتهای جنوب شرقی تا حدود ۳ کیلومتری شرق روستای فهرج در شرق یزد ادامه دارد. طول آبخوان یزد اردکان تا حدود کمی بیش از ۱۰۰ کیلومتر می‌رسد. آمار منابع آب زیرزمینی و ارقام سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای در سال‌های ۵۱-۵۲ نشان می‌دهند که در گذشته، وسعت آبخوان بیشتر از حال حاضر بوده و افت مستمر سطح آب زیرزمینی در طول چند دهه گذشته باعث پسروی آبخوان و کاهش وسعت آن شده است. عرض آبخوان در مناطق مختلف فرق می‌کند و کمترین آن حدود ۸ کیلومتر است که مربوط به حدفاصل کوه‌های میان دشتی دخمه و مرز شمالی بافت قدیمی شهر یزد می‌باشد و در حوالی جنوب جاده اردکان- ندوشن به حدود ۳۰ کیلومتر می‌رسد. آبخوان دشت یزد اردکان از نوع آزاد می‌باشد (۱۲).

• تراز سطح آب زیرزمینی

حداکثر تراز آب زیرزمینی در دشت یزد- اردکان معمولاً مربوط به ماه فروردین و حداقل تراز مربوط به ماه مهر می‌باشد. بالاترین تراز سطح آب زیرزمینی مربوط به نواحی جنوب شرقی دشت (حوالی فهرج و جنوب آن) و کمترین آن مربوط به نواحی شمال غربی آبخوان (حوالی غرب اردکان تا نزدیکی کویر سیاه کوه) می‌باشد. بنابراین جهت جریان عمومی در آبخوان دشت یزد- اردکان از جنوب شرق به شمال غرب است. بر اساس بررسی‌های به عمل آمده حداکثر تراز در دشت حدود ۱۲۳۰ متر و حداقل آن در حاشیه کویر سیاه کوه حدود ۹۷۵ متر می‌باشد.

• عمق آب زیرزمینی

بیشترین عمق برخورد به آب زیرزمینی مربوط به مخروط افکنه تفت می‌باشد که

بالایی برخوردار است از طریق چاه‌های تزریق وارد آبخوان می‌شود. با توجه به هزینه بالای این روش معمولاً استفاده از چاه تزریق تنها در شرایطی کاربرد دارد و اقتصادی است که اهداف خاصی نظیر کنترل نشست زمین و کنترل هجوم آب شور دریا مدنظر باشد. این روش جایی استفاده می‌شود که آبخوان عمیق باشد و یا به وسیله یک لایه غیرقابل نفوذ از لایه سطحی خاک جدا شده باشد. در این روش وسعت زمین مورد نیاز کم بوده اما هزینه آن زیاد است، همچنین تصفیه قطعی اتفاق نمی‌افتد و بنابراین فاضلاب مورد استفاده در این روش باید تصفیه پیشرفته‌ای را طی کند و به طور کامل گندزدایی شود، همچنین در روش چاه تزریق ممکن است دیواره چاه به وسیله مواد جامد معلق، فعالیت‌های بیولوژیکی و یا ناخالصی‌های شیمیایی، دچار گرفتگی شود. روش چاه تزریق به دو صورت انجام می‌گیرد: در حالت اول کف چاه در زیر سطح آب زیرزمینی یا در لایه آبدار محبوس قرار دارد (Direct injection well) و در حالت دوم کف چاه در بالای سطح آب زیرزمینی و در منطقه غیراشباع قرار دارد (Vadose zone injection well) (۴).

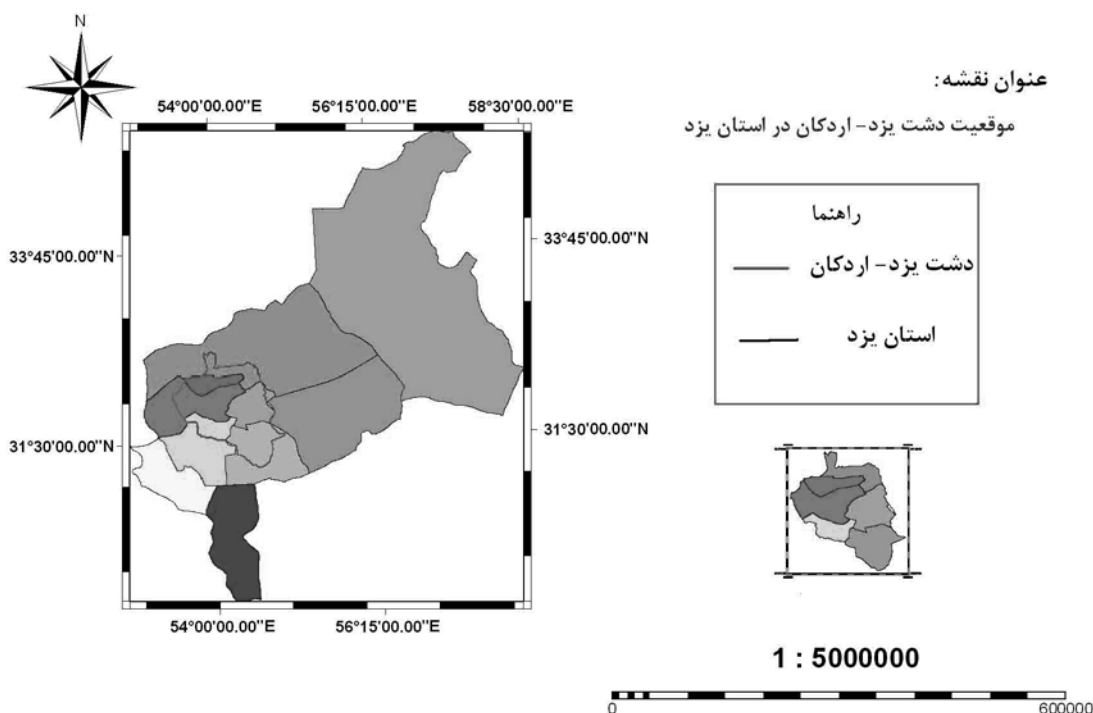
منطقه مطالعاتی

دشت یزد- اردکان با مساحت ۱۱۳۹۳ کیلومتر مربع در فلات مرکزی ایران و در بخش مرکزی استان یزد قرار دارد. این حوزه دربرگیرنده شهرستان‌های یزد، اردکان، میبد، تفت، صدوق و مهریز می‌باشد که بیشترین جمعیت را در استان به خود اختصاص داده است (۶). این حوزه از شمال به حوزه‌های آبخیز ریگ زرین و عقدا و از جنوب و غرب به حوزه آبخیز کویر ابرکوه و از شرق به حوزه‌های آبخیز کویر درانجیر و بهادران منتهی می‌گردد (۷).

منطقه مورد مطالعه فاقد رودخانه دائمی بوده و در ناحیه کوهستانی شیر کوه، رودخانه‌ها در سال‌های پر آب دارای جریان فصلی حاصل از ذوب برف‌ها در بهار می‌باشند. جریان‌ات عمده رودخانه‌های این ناحیه منحصر به جریان‌ات سیلابی است که از باران‌های شدت دار و بیش‌تر در مناطق کوهستانی پدیدار می‌شود. رودخانه‌های عمده حوزه شامل رودخانه میانکوه، رودخانه تفت، رودخانه ندوشن، رودخانه دشت ده و رودخانه چاه متک می‌باشد (۷).

محدوده مورد مطالعه از نظر تقسیمات زمین‌شناسی کشور، در زون ایران مرکزی واقع گردیده و از دوران‌های مختلف زمین‌شناسی تشکیل یافته است (۸). گسل‌های مهم منطقه نیز شامل گسل تفت- فیض آباد، گسل تفت- صالح آباد، گسل غربالیز- بهروک، گسل تفت- طزرجان، گسل رانده مسجد- پیشین- تنور و گسل بهروک است.

از نظر توپوگرافی و طبقات ارتفاعی این حوزه دارای تنوع زیادی می‌باشد و در آن ارتفاعات بالایی مانند ۴۰۷۵ مربوط به قله شیر کوه در جنوب حوزه و اراضی پست و گود کویر سیاه کوه به چشم می‌خورد. بر اساس شرایط توپوگرافی منطقه مورد مطالعه و بررسی ارتباط



نقشه شماره ۱. حوزه آبخیز دشت یزد- اردکان (۱۲).

فرامرزی، شیب آب زیرزمینی کم تر از ۱ در هزار می باشد که این شیب کم ناشی از بهره برداری بسیار زیاد از آبخوان می باشد. در نواحی خروجی از دشت یزد و ورود به دشت اردکان، شیب آب زیرزمینی در نقاط مختلف بین ۱/۸ تا ۳ در هزار تغییر می کند. بالاخره در خروجی دشت یزد- اردکان به سمت کویر سیاه کوه، شیب تا حدود ۰/۵ در هزار کاهش می یابد (۱۲).

• تغییرات میانگین سطح آب زیرزمینی

میزان افت سطح آب در نواحی مختلف دشت یزد- اردکان اختلاف زیادی با هم دارند. بیش ترین افت سطح آب زیرزمینی در نیمه شرقی آبخوان یزد- اردکان مربوط به چاه مشاهده ای جاده ده نو است که علت آن وجود دو زون بهره برداری شرب یعنی یزدگرد و قاسم آبادنو در اطراف آن می باشد. در نیمه شمال غربی دشت یزد- اردکان (اطراف اردکان به سمت کویر سیاه کوه) اکثر چاه ها بیش از ۳ متر در طول دوره ده ساله افت داشته اند که البته نسبت به نواحی مرکزی دشت کمتر است. نمودار (۱) هیدروگراف دشت یزد- اردکان را نشان می دهد (۴).

• بهره برداری از منابع آب زیرزمینی

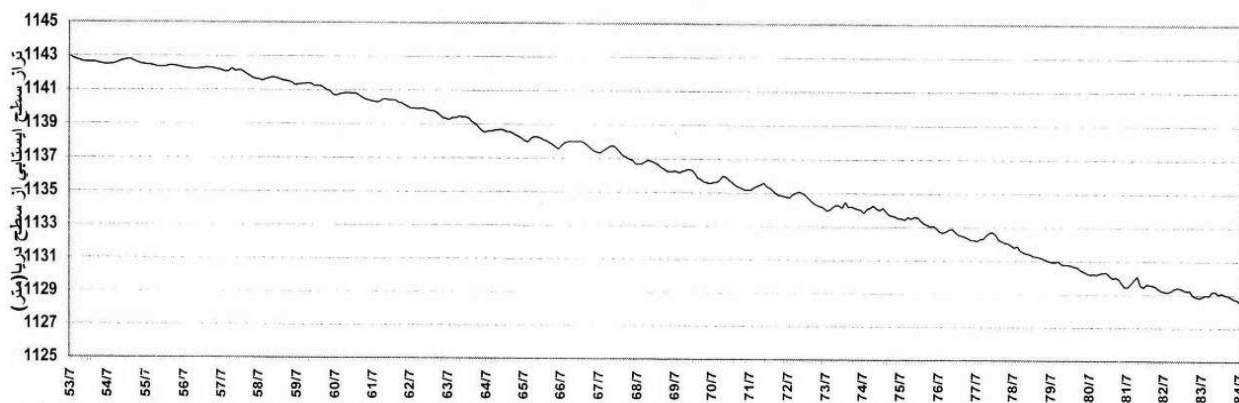
بهره برداری از منابع آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان از طریق چاه ها، قنوات و چشمه ها صورت می گیرد. جدول (۲) آمار تعداد و تخلیه چاه ها

عمق آب در آن تا حدود ۱۵۰ متر گزارش شده است (چاه مشاهده ای کذاب، جاده خضرآباد). ناحیه دیگر با عمق آب زیاد مربوط به منطقه شهرک صنعتی یزد واقع در شمال روستای شحنه است به طوری که عمق آب در چاه شماره ۳ این شهرک حدود ۱۳۸ متر می باشد. کمترین عمق برخورد به آب زیرزمینی در حدفاصل بین یزد و اردکان (اطراف روستاهای مجومرد، میمونه و صدرآباد) حدود ۳۰ متر گزارش شده است و به طرف اردکان و پایانه دشت به تدریج کاهش می یابد به طوری که در حاشیه کویر سیاه کوه به حدود یک متر می رسد (۴). نقشه (۱) موقعیت دشت یزد- اردکان را نشان می دهد.

• شیب و جهت جریان آب زیرزمینی

شیب سطح آب زیرزمینی در بخش های ورودی، خروجی و نواحی مرکزی آبخوان یزد- اردکان یکسان نیست. در نواحی جنوب شرقی آبخوان بین روستاهای فهرج و خویدک (بین پیژومتر غرب ایستگاه رخش و پیژومتر قبرستان خویدک)، شیب آب زیرزمینی حدود ۲/۷ در هزار محاسبه شده است در حالی که در نواحی بین روستاهای ده نو و ملاباشی در جنوب شرق یزد حدود ۷ در هزار می باشد. هر دو منطقه جزو جبهه های ورودی آب زیرزمینی محسوب می شوند. جهت جریان از جنوب شرق و به سمت شمال غرب می باشد. در نواحی جنوب و غرب یزد، بین پیژومترهای خرمشاه و گرد

هیدروگراف واحد دشت یزد-اردکان از مهر ماه ۱۳۵۳ لغایت مهرماه ۱۳۸۴



نمودار ۱. هیدروگراف دشت یزد- اردکان طی دوره آماری ۸۴-۱۳۵۳(۴).

جدول ۲. آمار تعداد و تخلیه منابع آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی یزد-اردکان(۱).

حجم مصارف آب زیرزمینی (میلیون متر مکعب در سال)				حجم تخلیه سالانه (میلیون مترمکعب)	متوسط ساعات کارکرد سالانه	آبدهی (لیتر بر ثانیه)		تعداد	نوع منبع
کشاورزی	شرب	صنعت	جمع			متوسط	حداکثر		
۲۶۷	۳۵	۱۸	۳۲۰	۳۰۶	۴۵۶۳	۱۹/۳	۹۷/۲	۱۰۲۸	چاه عمیق
				۱۴	۲۷۷۴	۵/۸	۴۶/۲	۲۶۸	چاه نیمه عمیق
				۲۳۷	---	۹/۱	۲۵۰	۸۴۷	قنات
				۶۰	---	۵۵/۷	۱۸۷۵	۴۹	چشمه
۴۶۴	۳۵/۹	۱۸/۳	۵۱۸/۲	۶۱۷				۲۱۹۲	جمع کل

و قنات و چشمه ها را در محدوده مطالعاتی نشان می دهد(۱).

• بیان آب زیرزمینی محدوده

در سال آبی ۱۳۸۱-۱۳۸۰، آبخوان دشت یزد- اردکان در محدوده بیان، با ۵۳/۴ میلیون مترمکعب کسری مخزن مواجه بوده است. آن چه در مورد بیان باید به آن توجه داشت، حجم آب برگشتی از شرب و بهداشت و آبخوان یزد- اردکان است. حجم آب مصرفی برای شرب در سال ۸۱-۸۰ در محدوده بیان حدود ۸۶ میلیون مترمکعب بوده است که ۳۸ میلیون مترمکعب آن از خارج از محدوده بیان (زاینده رود) منتقل می شود. بنابراین با احتساب ۶۰ این مصرف به عنوان برگشت به آبخوان، حجم آب برگشتی از شرب به آبخوان معادل ۵۱/۶ میلیون متر مکعب در سال خواهد بود که این حجم آب قبل از احداث شبکه پساب از طریق چاه های جذبی موجود در شهرها و جوامع روستایی وارد آبخوان می شود و پس از بهره برداری کامل از شبکه

جمع آوری پساب شهرها، حذف خواهد شد. بنابراین انتظار می رود با حذف این مؤلفه تغذیه (آب برگشتی)، افت سطح زیرزمینی در سطح آبخوان به خصوص در اطراف شهر یزد که شبکه پساب آن اجرا می شود، تشدید یابد. به همین دلیل به نظر می رسد یکی از گزینه های مناسب برای بهره برداری از پساب های تصفیه شده شهر یزد می تواند استفاده از آن برای تغذیه مصنوعی آبخوان و یا جایگزینی برخی از چاه های کشاورزی اطراف شهر با پساب های تصفیه شده باشد(۱).

استفاده از پساب های تصفیه شده شهر یزد

به طور کلی بهره گیری از پساب های شهر یزد در بخش های زیر ممکن خواهد بود ولی پیش از انجام چنین کاری، این موضوع باید از جنبه های مختلف فنی و اقتصادی مورد ارزیابی قرار گیرد به طوری که کیفیت، کمیت، نحوه

جدول ۳. پیش بینی مقدار تولید پساب از سال ۱۳۸۵ تا ۱۴۱۵ (۱۳)

سال	۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵	۱۴۰۰	۱۴۰۵	۱۴۱۰	۱۴۱۵
جمعیت(نفر)	۴۵۰۰۰۰	۵۴۵۰۰۰	۶۶۰۰۰۰	۸۰۰۰۰۰	۹۶۵۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰	۱۴۰۰۰۰۰
تولید روزانه هر نفر(مترمکعب در روز)	۱۹۰	۱۹۰	۱۹۵	۱۹۵	۲۱۰	۲۱۰	۲۱۵
تولید کل(مترمکعب در روز)	۸۵۵۰۰	۱۰۳۵۵۰	۱۲۸۷۰۰	۱۵۶۰۰۰	۲۰۲۶۵۰	۲۵۲۰۰۰	۳۰۱۰۰۰
تولید کل(لیتر در ثانیه)	۹۹۰	۱۲۰۰	۱۴۹۰	۱۸۱۰	۲۳۵۰	۲۹۲۰	۳۴۸۰

انتقال و هزینه های مربوطه به طور دقیق مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد.

- بخش کشاورزی شامل زمین های زراعی، باغداری
- بخش صنعت شامل معادن، شهرک های صنعتی و صنایع مختلف

• کویر زدایی و بیابان زدایی

• تغذیه مصنوعی

- فضاهاى سبز شهري و فضاهاى سبز موجود در شهرک های صنعتی(۱۳)

مقدار تولید پساب

مقدار تولید پساب شهر یزد، طبق جدول (۳) قابل مشاهده است.

مشخصات کیفی پساب تولیدی از فاضلاب شهر یزد

نمونه برداری از پساب تولیدی فاضلاب شهر یزد از فروردین ۱۳۸۴ شروع شده و آزمایش های فیزیکوشیمیایی و میکروبیولوژی بر روی آنها انجام شده است. جداول ۴ و ۵ نتایج برخی از این آزمایشات را نشان می دهد(۲).

جدول ۴. نتایج آزمایشات فیزیکی - شیمیایی پساب شهر یزد(۲)

تاریخ نمونه برداری	دما (C)	PH	مواد معلق (mg/l)	BOD5 (mg/l)	COD (mg/l)	TDS (mg/l)	EC
فروردین ۸۴	-	-	۷۹	۶۵	۱۸۵	-	-
اردیبهشت ۸۴	-	-	۷۹	۵۲/۷	۳۳۲/۵	-	-
خرداد ۸۴	-	-	۸۴	۴۶	۲۲۸	-	-
تیر ۸۴	-	-	۷۴/۳۳	۷۸/۶۷	۲۶۵/۳	-	-
مرداد ۸۴	-	-	۵۸/۵۰	۸۰	۳۰۰	-	-
شهریور ۸۴	-	-	۱۴۱	۸۶/۵	۲۹۵	-	-
مهر ۸۴	-	-	۸۰	۷۸	۲۴۵	-	-
۸۴/۱۱/۱۵	۱۹	۸/۹۲	۳۱	۶۵	۳۱۰	۱۶۶۹	۳۱۰۰
۸۴/۱۱/۱۰	۲۲	۸/۵۹	۳۰	-	۶۴۰	۱۶۲۰	۳۰۰۰
۸۴/۱۱/۲۵	۱۹	۷/۹۸	۲۰	۵۱	۳۱۰	۱۰۸۰	۲۰۰۰
۸۴/۱۲/۹	۱۷	۸/۳۶	۸۸	۱۰۱	۳۵۰	۱۸۹۲	۲۶۵۰
۸۴/۱۲/۱۶	۱۰	۸/۵۸	۶۹	۸۳	۳۶۰	۱۵۰۰	۲۱۰۰
۸۴/۱۲/۲۳	۱۵	۸/۴۹	۱۰۱	۸۴	۳۸۰	۲۰۲۹	۲۸۴۰
۸۴/۱۲/۲۴	۲۰	۸/۵۳	۳۲	۱۹۰	۳۹۰	۱۶۹۰	۳۱۳۰

جدول ۵. نتایج آنالیز کاتیون ها و آنیون ها در پساب یزد (۲)

غلظت (میلی گرم در لیتر)	پارامتر
۸۴/۱۰	کلسیم
۱۳/۳۷	منیزیم
۵۷۴/۵۰	سدیم
۴۵/۰۰	سولفات
۱۲/۲۰	نیتрат
۸۳۶/۷۰	بی کربنات
۸۰/۰۰	کربنات
۲۶۵/۰۰	سختی (TH)

وارد آب زیرزمینی نمی شود بلکه ضمن عبور از محیط غیر اشباع تا رسیدن به سطح ایستابی توسط فرایند تصفیه خاک و آبخوان (SAT) تا حدودی تصفیه طبیعی می شود. همچنین تغذیه به روش حوضچه های تغذیه مستلزم احداث حوضچه های زیاد و اشغال مساحت زیادی از دشت می باشد و با توجه به حجم زیاد پساب تولیدی، در آینده مشکل تملک زمین پیش خواهد آمد. جدول (۶) نمونه ای از اثرات تصفیه فرایند SAT در تغذیه آبخوان از پساب تصفیه شده را نشان می دهد.

• وضعیت افت سطح آب زیرزمینی منطقه و نحوه تخصیص

پساب به تغذیه مصنوعی:

با توجه به میزان افت سطح آب در دشت، سه منطقه رستاق صدوق، گردفرامرز و چرخاب به ترتیب به عنوان اولویت های اصلی بحث تزریق مصنوعی پساب انتخاب شده اند. برای تعیین میزان آب تخصیصی به تغذیه مصنوعی آبخوان در این مناطق، از اطلاعات مربوط به افت سطح آب زیرزمینی در آن ها در سال های اخیر استفاده شده است. با توجه به آمار موجود در آرشیو شرکت آب منطقه ای استان یزد در خصوص میزان افت سالانه سطح آب زیرزمینی در پیژومترها در دو سال اخیر، مساحت مربوط به هر یک از پیژومترها و نیز ضریب ذخیره آبخوان، حجم کسری مخزن مناطق مختلف در وضع موجود محاسبه شده است.

محاسبه حجم تخصیصی به تغذیه مصنوعی منطقه رستاق صدوق و گردفرامرز در سال ۱۳۹۰:

- حجم کسری مخزن در منطقه رستاق صدوق:

$$\Delta V = \Delta H \times A \times S$$

$$\Delta V = 0.09 \times 200 \times 0.06 = 1.08 \text{ MCM/Year} \quad \text{در حال حاضر}$$

$$\Delta V = 1.08 \times 5 \text{ (year)} = 5.4 \text{ MCM/Year} \quad \text{در سال ۱۳۹۰}$$

نتایج آنالیزها حاکی از آن است که پساب تولیدی از نظر برخی پارامترهای کیفی در وضعیت مناسبی قرار ندارد به طوری که مقدار BOD، COD، خارج از استاندارد می باشد همچنین پساب تولیدی از نظر هدایت الکتریکی (EC) در وضعیت مناسبی قرار ندارد. علت استاندارد نبودن پساب تولیدی یزد این است که در حال حاضر تنها تصفیه ابتدایی به روش لاگون بر روی پساب انجام می گیرد بنابراین به منظور بهبود کیفی آن تا حد استفاده برای تغذیه مصنوعی مراحل پیشرفته تصفیه لازم است (۲).

نتیجه گیری

دشت یزد- اردکان هم اکنون دارای افت سطح آب زیرزمینی بوده به منظور جلوگیری از افت شدید و ترمیم افت آبخوان دشت، پیشنهاد تغذیه مصنوعی، آبخوان به وسیله پساب های تصفیه شده (تصفیه پیشرفته) یزد داده شده است. با تجزیه و تحلیل اطلاعات، به نظر می رسد از میان روش های تغذیه مصنوعی انتخاب روش حوضچه های تغذیه برای آبخوان دشت یزد- اردکان مناسب نباشد چرا که مسایلی از قبیل عمق نسبتاً زیاد آب زیرزمینی، تبخیر زیاد پساب و تخریب کیفی آن به مرور زمان و نیز مشکل تملک زمین برای حوضچه های تغذیه مصنوعی وجود دارد و با توجه به پایین بودن سطح آب زیرزمینی در دشت، تغذیه مصنوعی از طریق چاه تزریق مناسب تر باشد که البته این روش مستلزم تصفیه کامل تر بوده و هزینه تصفیه پساب در مقایسه با روش حوضچه های تغذیه بالاتر خواهد بود. از میان دو روش چاه تزریق روش Vados zone injection well برای این آبخوان دشت یزد- اردکان مناسب تر است زیرا هم زون غیراشباع به اندازه کافی وجود دارد و هم اینکه آبخوان از نوع آزاد است. همچنین در این روش هزینه تزریق به دلیل این که انتهای چاه در زیر ستونی از آب زیرزمینی قرار نمی گیرد کم تر خواهد بود. از نظر کیفی نیز این روش مناسب تر است چون پساب مستقیماً

جدول ۶. نمونه ای از اثرات تصفیه فرآیند SAT در تغذیه آبخوان از پساب تصفیه شده

نام پارامتر کیفی	غلظت پارامتر در پساب تصفیه شده قبل از SAT (میلی گرم در لیتر)	غلظت پارامتر در پساب تصفیه شده بعد از SAT (میلی گرم در لیتر)	درصد کاهش غلظت پارامتر
BOD	۶	<۰/۵	>۹۲
COD	۴۶	۷	۸۵
TSS	۷	۰	۱۰۰
DOC	۱۱	۲/۸	۷۵
مواد شوینده (دترجنت)	۰/۲۴	<۰/۱۰۸	>۵۵
Mineral oils	۰/۴	۰/۳	۲۵
فنل ها	۴	۱	۷۵
آمونیم به صورت N	۸/۲۳	<۰/۰۲	>۹۹
کل نیتروژن (N)	۱۲	۵/۴	۵۵
فسفر	۲/۷۲	۰/۰۵	۹۸

- حجم کسری مخزن در منطقه گردفرامرز:

$$۳۸ \times ۰/۰۷۰ = ۲۶/۵ \text{ MCM}$$

بدین ترتیب حجم تجمعی کسری مخزن منطقه رستاق صدوق و گردفرامرز با لحاظ اثرات استفاده از پساب جهت تغذیه مصنوعی تا سال ۱۳۹۰ برابر خواهد بود با:

$$\Delta V = ۱/۱ \times ۱۰۰ \times ۰/۰۷ = ۷/۷ \text{ MCM/Year}$$

$$\Delta V = ۷/۷ \times ۵ (\text{year}) = ۳۸/۵ \text{ MCM/Year}$$

$$۵۴ \times ۳۸/۵ \times ۲۶/۵ = ۱۱۹ \text{ MCM}$$

با توجه به محاسبات کسری مخزن آبخوان و حجم پساب تولیدی در افق های مختلف که در جدول (۷) ارایه شده است، برنامه تخصیص پساب برای تغذیه مصنوعی پیشنهاد می شود. جدول (۸) برنامه زمانی حجم تخصیص پساب یزد برای تغذیه مصنوعی آبخوان را نشان می دهد.

با توجه به اینکه حجم فاضلاب تولیدی در سال ۱۳۹۰ معادل ۳۸ میلیون مترمکعب خواهد بود، می توان پیش بینی کرد که معادل حدوداً ۷۰ درصد این پساب تولیدی از تغذیه به آبخوان کاهش می یابد و بنابراین حجم کاهش تغذیه آبخوان از چاه های جذبی خانگی در سال ۱۳۹۰ برابر خواهد بود با:

جدول ۷. حجم فاضلاب تولیدی شهر یزد و تخمین کاهش تغذیه چاه های جذبی

سال	حجم فاضلاب تولیدی		حجم کاهش تغذیه از چاه های جذبی با احتساب ۷۰ درصد حجم پساب تولیدی (MCM/Year)
	MCM/Year	sec/M ^۳	
۱۳۸۵	۶/۳	-/۲۰	۴/۴
۱۳۹۰	۳۸/۰	۱/۲۰	۲۶/۵
۱۳۹۵	۴۷/۰	۱/۴۹	۳۲/۹
۱۴۰۰	۵۷/۰	۱/۸۱	۴۰/۰
۱۴۰۵	۷۴/۰	۲/۳۵	۵۱/۹
۱۴۱۰	۹۲/۰	۲/۹۲	۶۴/۴
۱۴۱۵	۱۰۹/۰	۳/۴۸	۷۶/۸

جدول ۸. برنامه زمانی حجم تخصیص پساب یزد برای تغذیه مصنوعی آبخوان

حجم تغذیه مصنوعی پیشنهادی (میلیون مترمکعب)			حجم فاضلاب تولیدی MCM/Year	سال
منطقه چرخاب	منطقه گردفرامرز	منطقه رستاق صدوق		
-	-	۱۸	۱۸	۱۳۸۷
-	-	۲۴	۲۴	۱۳۸۸
-	-	۳۰	۳۰	۱۳۸۹
-	-	۳۸	۳۸	۱۳۹۰
-	-	۳۹	۳۹	۱۳۹۱
-	-	۴۱	۴۱	۱۳۹۲
-	-	۴۳	۴۳	۱۳۹۳
-	-	۴۵	۴۵	۱۳۹۴
-	-	۴۷	۴۷	۱۳۹۵
-	۲	۴۷	۴۹	۱۳۹۶
-	۴	۴۷	۵۱	۱۳۹۷
-	۶	۴۷	۵۳	۱۳۹۸
-	۸	۴۷	۵۵	۱۳۹۹
-	۱۰	۴۷	۵۷	۱۴۰۰
-	۱۴	۴۷	۶۱	۱۴۰۱
-	۱۷	۴۷	۶۴	۱۴۰۲
-	۲۰	۴۷	۶۷	۱۴۰۳
-	۲۳	۴۷	۷۰	۱۴۰۴
-	۲۷	۴۷	۷۴	۱۴۰۵
-	۲۷	۵۰	۷۷	۱۴۰۶
-	۳۰	۵۰	۸۰	۱۴۰۷
-	۳۴	۵۰	۸۴	۱۴۰۸
-	۳۸	۵۰	۸۸	۱۴۰۹
۴	۳۸	۵۰	۹۲	۱۴۱۰
۷	۳۸	۵۰	۹۵	۱۴۱۱
۱۰	۳۸	۵۰	۹۸	۱۴۱۲
۱۳	۳۸	۵۰	۱۰۱	۱۴۱۳
۱۷	۳۸	۵۰	۱۰۵	۱۴۱۴
۲۱	۳۸	۵۰	۱۰۹	۱۴۱۵
۲/۴۵	۱۶/۸	۴۴/۷	۶۴	میانگین ۲۹ ساله

۶. سازمان جهاد کشاورزی استان یزد، ۱۳۷۶، گزارش آماری و بیلان آبهای زیر زمینی دشت یزد- اردکان.

۷. سازمان جهاد کشاورزی استان یزد، ۱۳۷۲، طرح جامع سیل استان یزد (گزارش شناسایی) ، جلد دوم- مطالعات زمین شناسی و هیدرولوژی، خاکشناسی و کنترل سازه ها، مهندسین مشاور عمران کویر.

۸. شرکت سهامی برق منطقه ای یزد، ۱۳۸۳، مطالعات امکان سنجی برای مکان یابی ساخت نیروگاههای گازی ۵۰۰ مگاواتی یزد، جلد سوم- گزارش هواشناسی، مرحله ۱- ویرایش ۱، شرکت سهامی خدمات مهندسی برق (مشانیر).

۹. سازمان جهاد کشاورزی استان یزد، ۱۳۸۲، مطالعات طرح ملی سیمای فرسایش دشت یزد - اردکان.

۱۰. مظفریان، ولی الله، ۱۳۷۹، فلور یزد، انتشارات یزد.

۱۱. سازمان مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۸۳، ارزیابی اثرات زیست محیطی اجرای طرح باروری ابرها در استان یزد، گروه مهندسین مشاور زیست پویان.

۱۲. سازمان جهاد کشاورزی استان یزد، ۱۳۸۲، مطالعات طرح ملی سیمای فرسایش دشت یزد- اردکان.

۱۳. شرکت سهامی آب منطقه ای، ۱۳۸۵، مطالعات بهره گیری از پساب های تصفیه شده شهر یزد، جلد پنجم- بخش اول، گزارش فنی و اقتصادی خط انتقال پساب.

بدین ترتیب استفاده مجدد از پساب ها ضمن اینکه از تخلیه پساب و ایجاد آلودگی احتمالی در محیط زیست جلوگیری می کند، به نوبه خود سبب ایجاد ظرفیت های جدید منابع آبی نیز می شود.

فهرست منابع

۱. وزارت نیرو، ۱۳۸۲، طرح شبکه بهینه سنجش منابع آب کشور، گزارش حوزه آبریز سیاه کوه.

۲. شرکت سهامی آب منطقه ای، ۱۳۸۵، مطالعات بهره گیری از پساب هاب تصفیه شده شهر یزد، جلد پنجم- گزارش بهره گیری از پساب تصفیه شده شهر یزد در صنعت.

۳. تجربی، مسعود، ۱۳۸۰، نگرانی های کیفیت منابع آب در کشور ، دومین کنفرانس آسیایی مدیریت آب و فاضلاب.

۴. شرکت سهامی آب منطقه ای یزد، ۱۳۸۵، طرح بهره گیری از پساب های تصفیه شده شهر یزد، گزارش مشخصات هیدروژئولوژیکی آبخوان دشت یزد- اردکان.

۵. شرکت سهامی آب منطقه ای، ۱۳۸۵، مطالعات بهره گیری از پساب هاب تصفیه شده شهر یزد، جلد دوم- گزارش استفاده از فاضلابهای تصفیه شده یزد برای مصارف تغذیه مصنوعی.