



ISSN 2588-3941

نشریه علمی

# علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال پنجم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹

نشریه علمی

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال پنجم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹

انجمن آب و فاضلاب ایران

## پیشگفتار

۲

## مقالات علمی

۴

مروری بر کاربرد آب‌های نامتعارف در صنعت آبی‌پروری  
محمد حسین خانجانی و سعید حاجی رضائی

۱۴

بررسی میزان املاح و برخی آلاینده‌ها در شبکه آبیاری و زهکشی اراضی کشاورزی دشت شمال خوزستان  
لیندا پورسلیم، داود کاه‌فروشان، امن‌اله عبادی و میلاد محمدی

۲۳

سنتز و ارزیابی کارایی نانوذره اکسید آهن پوشش داده شده با  $\text{SiO}_2$  در حذف رنگ  
اسید بلو ۹۲ از محلول‌های آبی: مطالعه سنتتیک و ایزوترم  
زهره آرامش، سمیه رهدار، شهین احمدی، حجت شهرکی و عباس رهدار

۳۳

ارزیابی و محاسبه فشار متوسط ناحیه و فاکتور روز-شب و کاربرد آن‌ها در تحلیل شبکه‌های توزیع آب  
علی موسی‌خانی و آرزو اکبری

۳۹

بررسی امکان‌سنجی بهره‌گیری از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری تربت‌حیدریه برای آبیاری محصولات کشاورزی  
یحیی چوپان و سمیه امامی

۴۶

نحوه تأمین آب شرب با اجرای طرح‌های دوگانه در اجتماعات کوچک (مطالعه موردی: مجتمع کوثر، فردوس)  
یاسر جمشیدی مقدم، هاجر نوروزی و نوید عبدالهی

## مطالب عمومی

۵۵

مصاحبه

۵۹

میزگرد

۷۰

پایان‌نامه برتر

۷۲

ایده برتر

۷۳

معرفی کتاب

۷۵

گزارش فعالیت‌های انجمن

# علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال ۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹

این نشریه دارای مجوز کمیسیون بررسی نشریات علمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، به شماره ۱۲۹/۳/۱۸/۲۹۰ مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۱۶ و مجوز وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی به شماره ۸۶۰۹۲ مورخ ۱۳۹۸/۱۰/۳۰ است.

انجمن آب و فاضلاب ایران

دکتر مسعود تابش

دکتر حمیدرضا صفوی

صاحب امتیاز

مدیر مسئول

سر دبیر

اعضای

هیئت تحریریه

دکتر بیژن بینا: استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

دکتر مسعود تابش: استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

دکتر علی ترابیان: استاد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

دکتر افشین تكدستان: دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

دکتر سید حسین سجادی فر: شرکت آب و فاضلاب تهران و استادیار دانشگاه آزاد اسلامی

دکتر محمد حسین صراف زاده: دانشیار دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تهران و رئیس کرسی یونسکو در بازیافت آب

دکتر حمیدرضا صفوی: استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

دکتر ناصر طالب بیدختی: استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه شیراز

دکتر علی اکبر عظیمی: استادیار بازنشسته دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

مهندس مجید قنادی: مشاور معاونت مهندسی و توسعه شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

دکتر سیمین ناصری: استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

دکتر سارا نظیف: دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

دکتر منوچهر وثوقی: استاد دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف

مهندس علی اصغر قانع: مشاور مدیر عامل شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

دکتر احمد سیاحی: مدیر کل دفتر تحقیقات، توسعه فناوری و ارتباط با صنعت، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

مهندس عباس حاج حریری: معاون اسبق نظارت بر بهره برداری، شرکت آب و فاضلاب استان تهران

ناهد اختری

مهندس سید احمد رضا شاهنگیان، ناهید اختری

انجمن آب و فاضلاب ایران

۵۰۰ نسخه

تهران، خیابان طالقانی، بین وصال و قدس، پلاک ۴۲۹، طبقه ۴، واحد ۷

۰۲۱-۸۸۹۵۶۰۹۷

۰۲۱-۸۸۳۹۱۳۹۰

2588-3941

2588-396X

info@jwwse.ir

واصف

کارشناس اجرایی:

طراح و صفحه آرا:

ناشر:

شمارگان:

آدرس:

تلفن:

نمبر:

شاپا چاپی:

شاپا الکترونیکی:

ایمیل:

چاپ:



پیشگفتار ..... ۲

## مقالات علمی

مروری بر کاربرد آب‌های نامتعارف در صنعت آبی‌پروری ..... ۴  
محمد حسین خانجانی و سعید حاجی رضائی

بررسی میزان املاح و برخی آلاینده‌ها در شبکه آبیاری و زهکشی اراضی کشاورزی دشت شمال خوزستان ..... ۱۴  
لیندا پورسلیم، داود کاه‌فروشان، امن‌اله عبادی و میلاد محمدی

سنتز و ارزیابی کارایی نانوذره اکسید آهن پوشش داده شده با  $\text{SiO}_2$  در حذف رنگ ..... ۲۳  
اسید بلو ۹۲ از محلولهای آبی: مطالعه سنتتیک و ایزوترم  
زهره آرامش، سمیه رهدار، شهین احمدی، حجت شهرکی و عباس رهدار

ارزیابی و محاسبه فشار متوسط ناحیه و فاکتور روز-شب و کاربرد آنها در تحلیل شبکه‌های توزیع آب ..... ۳۳  
علی موسی‌خانی و آرزو اکبری

بررسی امکان‌سنجی بهره‌گیری از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری تربت‌حیدریه برای آبیاری محصولات کشاورزی ..... ۳۹  
یحیی چوپان و سمیه امامی

نحوه تأمین آب شرب با اجرای طرح‌های دوگانه در اجتماعات کوچک (مطالعه موردی: مجتمع کوثر، فردوس) ..... ۴۶  
یاسر جمشیدی مقدم، هاجر نوروزی و نوید عبدالمهی

## مطالب عمومی

مصاحبه ..... ۵۵

میزگرد ..... ۵۹

پایان‌نامه برتر ..... ۷۰

ایده برتر ..... ۷۲

معرفی کتاب ..... ۷۳

گزارش فعالیت‌های انجمن ..... ۷۵





## آلاینده‌های نوپدید در محیط زیست (Emerging Contaminants in Environment)



دکتر محمد مهدی امین

استاد گروه مهندسی بهداشت محیط و مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

در سال‌های اخیر با ظهور روش‌های تحلیل پیشرفته، شواهدی از وجود تعداد بسیار زیادی از ترکیبات بالقوه خطرناک تحت عنوان "آلاینده‌های نوپدید" (Emerging Contaminants) در بخش‌های مختلف محیط وجود دارد. "آلاینده نوپدید" به هر ماده شیمیایی طبیعی و انسان‌ساخت و یا میکروارگانیسمی اطلاق می‌شود که در محیط زیست به‌طور متداول پایش نمی‌شود، اما پتانسیل ورود به محیط و ایجاد اثرات سوء بر محیط زیست و یا سلامت انسان را داشته و احتمال وضع قانون و تعیین سطوح استاندارد برای آن در آینده وجود دارد. اصطلاح آلاینده‌های نوپدید صرفاً معادل "آلاینده‌های جدید" نیست، چون بسیاری از این مواد در چندین دهه گذشته هم‌زمان با استفاده آن‌ها توسط انسان به محیط وارد شده‌اند، اما اثرات سوء آن‌ها تاکنون ناشناخته باقی‌مانده و در حال حاضر صرفاً با کمک روش‌های تحلیل مدرن و حساس، وجود آن‌ها در بخش‌های مختلف محیط زیست تأیید شده است.

به‌طور کلی این آلاینده‌ها می‌توانند در چند گروه اصلی از جمله مواد دارویی، محصولات بهداشت فردی، استروئیدها و هورمون‌ها، سورفاکتانت‌ها، ترکیبات پرفلوئورینه، اطفاء‌کننده‌های حریق، افزودنی‌های صنعتی، افزودنی‌های بنزین، نرم‌کننده‌های مواد پلیمری، محصولات جانبی گندزدایی، آفت‌کش‌های قطبی طبقه‌بندی شوند. ورود آلاینده‌های نوپدید به بدن انسان و دیگر موجودات زنده، ممکن است باعث اختلال در سیستم غدد درون ریز، نقص مادرزادی و عقب ماندگی، اختلال در تولید مثل و ایجاد اثرات سمی حاد و مزمن شود. یکی از نگرانی‌های اصلی مرتبط با آلاینده‌های نوپدید اختلال غدد درون‌ریز است. ترکیبات

مختل‌کننده غدد درون‌ریز (Endocrine Disruptors Compounds: EDCs) عمدتاً شامل داروها، محصولات بهداشت فردی، مواد شیمیایی خانگی، آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها، مواد شیمیایی صنعتی، محصولات جانبی گندزدایی، هورمون‌های طبیعی و فلزات می‌شوند. آلاینده‌های نوپدید عمدتاً از طریق دفع یا استفاده نامناسب و بیش از حد ترکیبات مسبب آن‌ها در بخش خانگی، صنعتی و کشاورزی وارد محیط می‌شوند و مسیر اصلی ورود آن‌ها به محیط، پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب است. مهم‌ترین فرآیندهای محیطی موثر بر این آلاینده‌ها، جذب بر روی رسوبات، فتولیز و تجزیه زیستی طبیعی، و جذب و متابولیسم توسط گیاهان و حیوانات هستند. در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب نیز امکان حذف موثر این مواد توسط فرآیندهای بیولوژیکی، غشایی و اکسیداسیون توسط ازن وجود دارد. با این حال، بهترین رویکرد برای حذف آلاینده‌های نوپدید از فاضلاب، به‌کارگیری انواع فرآیندهای تصفیه به‌صورت تلفیقی است. نگرانی‌ها در مورد حضور آلاینده‌های "ذره‌ای نوپدید" (میکروپلاستیک‌ها و نانوذرات) در محیط‌های آبی نیز در سال‌های اخیر افزایش یافته است.

مسئله مهم دیگر در مورد آلاینده‌های نوپدید ظهور "پاتوژن‌های نوپدید" (Emerging Pathogens) در محیط زیست است. پاتوژن‌هایی نوپدید تلقی می‌شوند که برای اولین بار در انسان ایجاد بیماری کنند یا این که قبلاً در انسان بیماری‌زایی کرده‌اند، اما معمولاً در سال‌های اخیر شیوع آن‌ها بیشتر شده باشد.

به‌طور کلی پاتوژن‌های نوپدید به سه گروه طبقه‌بندی می‌شوند: پاتوژن‌هایی که کاملاً جدید هستند (مانند ویروس نقص ایمنی انسان؛ عامل ایدز)، آن‌هایی که قبلاً شناخته شده‌اند اما اخیراً به‌عنوان پاتوژن شناسایی شده‌اند (مانند هلیکوباکتر پیلوری)، یا آن‌هایی که قدیمی هستند اما دستخوش تغییراتی شده‌اند (مانند میکروارگانیسم‌های مقاوم به عوامل ضد میکروبی). از سوی دیگر بعضی از پاتوژن‌هایی که در سالیان دور شناسایی شده و در گذشته عامل بسیاری از اپیدمی‌ها بوده‌اند ممکن است بعد از کنترل بلندمدت آن‌ها، مجدداً طغیان می‌کنند که از جمله این "پاتوژن‌های بازپدید" (Re-emerging Pathogens) می‌توان به عامل وبا، تب دانگ و تب زرد در بعضی از مناطق، اشاره کرد. به‌طور کلی سازمان جهانی بهداشت برآورد کرده که تا سال ۲۰۰۰ تعداد ۱۷۵ گونه عامل بیماری‌زا از ۹۶ جنس مختلف به‌عنوان پاتوژن‌های نوپدید طبقه‌بندی شده‌اند که ۷۵٪ آن‌ها گونه‌های منتقله از حیوان به انسان هستند.

در دو دهه اخیر، سندروم حاد تنفسی (SARS coronavirus) در سال ۲۰۰۲، سندرم تنفسی خاورمیانه (MERS coronavirus)،

(MERS-CoV) در سال ۲۰۱۲، آنفلوآنزای مرغی یا پرندگان (Influenza A virus subtype H<sub>7</sub>N<sub>9</sub>) در سال ۲۰۱۳، و در اواخر سال ۲۰۱۹ سندرم حاد تنفسی کرونا ویروس (SARS-CoV-2) به وجود آمده است.

بیماری کروناویروس (COVID-19) یک بیماری بالقوه کشنده‌ای است که موجب نگرانی‌های بزرگ در مورد بهداشت عمومی در جهان شده است. در حالی که ماندگاری ویروس در آب آشامیدنی ممکن است، ولی تاکنون هیچ‌گونه مستندات مبنی بر وجود کرونا ویروس انسانی در منابع آب سطحی و زیرزمینی و یا انتقال آن از طریق آب آشامیدنی آلوده وجود ندارد. همچنین تاکنون هیچ شواهدی مبنی بر انتقال SARS-CoV-2 از طریق سیستم فاضلاب، با یا بدون تصفیه فاضلاب وجود ندارد.

از مهم‌ترین مسائل مرتبط با پاتوژن‌های نوپدید در سال‌های اخیر ظهور باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌ها است. مقاومت آنتی‌بیوتیکی در واقع توانایی باکتری‌ها در برابر اثرات بازدارندگی یا کشندگی آنتی‌بیوتیک است. با توجه به ورود مداوم این مواد از منابع مختلف به محیط شرایط برای تماس مداوم باکتری‌های محیطی با سطوح پایین آنتی‌بیوتیک فراهم می‌شود و به مرور زمان باکتری‌ها ژن‌های مقاوم به این مواد را تولید می‌کنند و در برابر آن مقاوم می‌شوند. به‌طور کلی در ظهور باکتری‌های نوپدید و بازپدید در محیط زیست به‌خصوص محیط‌های آبی، چهار عامل؛ ۱. محیط‌های جدید، ۲. تغییرات در رفتار و آسیب‌پذیری انسان، ۳. تکنولوژی‌های جدید و ۴. پیشرفت‌های علمی نقش اساسی دارند.

بی‌شک اصلی‌ترین عامل در افزایش شناخت در مورد آلاینده‌های نوپدید در محیط زیست توسعه تکنیک‌های پیشرفته تحلیل این ترکیبات است. در سال‌های اخیر، دستگاه‌های پیشرفته مانند کروماتوگرافی گازی و مایع مجهز به یک یا دو آشکارساز طیف‌سنجی جرمی (GC-MS-MS و LC-MS-MS) به‌طور وسیعی برای تحلیل آلاینده‌های نوپدید در محیط‌های آبی به‌کار گرفته شده‌اند. به‌هر حال، به‌دلیل ساختارهای ناشناخته متابولیت‌های آلاینده‌های نوپدید و وجود آن‌ها در ماتریکس محیطی پیچیده با مقادیر جزیی، توسعه روش‌های تحلیل سریع و صحیح چالشی در برابر محققان محیط زیست در پایش روتین آلاینده‌های نوپدید در محیط است. بنابراین، تحقیقات بیشتری برای افزایش شناخت در مورد ساختار این آلاینده‌ها و صحت و حساسیت روش‌های سنجش مورد نیاز است. درنهایت به‌دلیل کشف یا شناسایی اخیر این مواد به‌عنوان آلاینده محیط زیست، اطلاعات بسیار کمی در مورد وجود، سرنوشت و سمیت آن‌ها در محیط آبی وجود دارد و تحقیقات بیشتری در این مورد نیاز است. باید رویکردهای مناسب برای جلوگیری از ورود آن‌ها به محیط و حذف آن‌ها از بخش‌های مختلف محیط زیست به‌کار گرفته شود.

**Review Paper**

**مقاله مروری**

**A Review of the Use of Unconventional Waters in the Aquaculture Industry**

**مروری بر کاربرد آب‌های نامتعارف در صنعت  
آبزی‌پروری**

Mohammad Hossein Khanjani<sup>\*1</sup> and Saeed Hajirezaee<sup>2</sup>

1- Assistant Professor, Department of Fisheries Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran.

\* Corresponding author, Email: [m.h.khanjani@gmail.com](mailto:m.h.khanjani@gmail.com)

محمد حسین خانجانی<sup>۱\*</sup> و سعید حاجی رضائی<sup>۲</sup>  
۱- استادیار، گروه علوم و مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران  
\* نویسنده مسئول، ایمیل: [m.h.khanjani@gmail.com](mailto:m.h.khanjani@gmail.com)

Received: 11/04/2019

Revised: 06/01/2020

Accepted: 03/02/2020

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۲۲

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۸/۱۰/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۴

**Abstract**

**چکیده**

The aquaculture industry has experienced the fastest growth in the food industry with an annual growth of 8.9% since 1970. This industry has grown steadily over the last five decades, supplying nearly half of the fish consumed by human. As the population grows, one of the major challenges ahead will be human nutrition. Aquaculture can play a key role in tackling poverty and hunger. In sustainable aquaculture, the water source (quantity and quality) is important so that optimal fish production depends on the physical, chemical and biological quality of the water. The limitation and reduction of fresh water resources, population growth and increasing demand for fishery products have led to unconventional waters to be used in the aquaculture industry. Unconventional waters include recycled water, wastewater, and saline water. In different countries, these water resources have been used for producing aquatic species to provide food and protein. The most important limiting factor for the use of unconventional waters is their quality which can be used for aquaculture after physical, chemical and biological treatment. Due to the limited water resources of the country, the use of unconventional waters is very effective and efficient in drought management and is also one of the ways of developing the fisheries sector. In this paper, the necessity of using unconventional waters in the aquaculture industry (fish, shrimp, algae, and Artemia) will investigate.

صنعت آبزی‌پروری با رشد سالانه ۸/۹٪ از سال ۱۹۷۰، سریع‌ترین رشد در صنعت غذایی را به خود اختصاص داده است. این صنعت به‌طور پیوسته در پنج دهه اخیر رشد یافته و تقریباً نیمی از همه ماهیانی که به مصرف انسان می‌رسد را تامین می‌کند. با افزایش جمعیت احتمالاً یکی از چالش‌های بزرگ پیش رو در آینده تغذیه انسان‌ها خواهد بود. آبزی‌پروری می‌تواند نقش کلیدی در مقابله با فقر و گرسنگی بازی کند. در آبزی‌پروری پایدار منبع آب (کمیت و کیفیت) حائز اهمیت است، به‌طوری‌که تولید بهینه ماهی بستگی به کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب دارد. محدودیت و کاهش منابع آب شیرین، افزایش جمعیت و همچنین افزایش تقاضا برای محصولات شیلاتی سبب شده است که آب‌های نامتعارف در آبزی‌پروری به‌کارگیری شود. آب‌های نامتعارف شامل: آب‌های بازافتی، پساب و آب‌های شور هستند. در کشورهای مختلف از این منابع آبی برای پرورش انواع آبزیان به‌منظور تامین غذا و پروتئین استفاده شده است. مهم‌ترین عامل محدودیت‌زا برای استفاده از آب‌های نامتعارف، کیفیت آن‌ها بوده که پس از تصفیه فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی قابلیت استفاده در آبزی‌پروری را دارند. استفاده از آب‌های نامتعارف با توجه به محدودیت منابع آبی کشور در مدیریت خشکسالی بسیار مؤثر و کارآمد است و همچنین یکی از راه‌های توسعه بخش شیلات محسوب می‌شود. در این مقاله ضرورت استفاده از آب‌های نامتعارف در صنعت آبزی‌پروری (ماهی، میگو، جلبک و آرتمیا) مورد بررسی قرار گرفت.

**Keywords:** Production, Aquaculture, Water quality, Unconventional waters.

**کلمات کلیدی:** تولید، آبزی‌پروری، کیفیت آب، آب‌های نامتعارف

از منابع آب نامتعارف، راه کارهایی منطقی را می طلبد. از آن جا که بخش وسیعی از مساحت کشور خشک و نیمه خشک است، این راه کارها می تواند بازتاب های مثبت اقتصادی- اجتماعی گسترده ای در سطح کشور، به ویژه در مناطق روستایی را به دنبال داشته باشد. استفاده از آب های نامتعارف علاوه بر تولید غذا، منجر به کاهش آلودگی، اشتغال و تولید خواهد شد. استفاده از آب های شور نامتعارف در آبی پروری حائز اهمیت بوده که تحت عنوان شورورزی نامیده می شود. یکی از محصولات شورورزی، تولید آبزیان در محیط های آبی شور نامتعارف است. پرورش آبزیان در آب های نامتعارف شور سابقه طولانی دارد (خورسندی و همکاران، ۱۳۸۹). در حوزه جنوبی کشور، خلیج فارس و دریای عمان منابع عظیمی از آب های شور وجود دارد که انواع گونه های آبزیان دریایی از جمله انواع میگوها، سی باس آسیایی، شانک، هامور، صبیتی، سرخو، سوکلا، حلوا سفید، شوریده را می توان در سواحل در لاگون ها و قفس های دریایی پرورش داد. در حوزه شمالی کشور، دریای خزر منبع آب لب شور بوده که می توان انواع گونه های ماهیان شامل ماهیان خاویاری، ماهی آزاد، قزل آلا و ماهی سفید را در قفس ها و سواحل پرورش داد و با مدیریت صحیح و به کارگیری تکنولوژی های سازگار با محیط زیست، اثرات محیط زیستی آن را کاهش و به یک تولید پایدار همراه با اشتغال زایی دست یافت. سواحل کشور دارای منابع ارزشمندی از گونه های جلبکی با ارزش اقتصادی است که جنبه های کاربردی فراوانی نیز دارند. شناسایی پتانسل این گیاهان در دو دهه اخیر و نیز کاربردهای مختلف آن ها (Rabiei et al., 2014) باعث توجه گسترده محققین حوزه های مختلف کشور به این پتانسیل شده است. جلبک های دریایی از جمله کاندیدی مناسب برای به کارگیری در شورورزی است. در مطالعه حاضر توجه به آب های نامتعارف در صنعت آبی پروری و پساب های آبی پروری مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۲- کیفیت آب مطلوب برای آبی پروری

تولید بهینه در آبی پروری به فاکتورهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کیفیت آب بستگی دارد (Bhatnagar and Devi, 2013). در جدول ۱ پارامترهای مطلوب برای رشد ماهی و تولید بهینه ارائه شده است. درجه حرارت، اکسیژن محلول، شفافیت آب، کدورت، میزان ترکیبات غیرآلی نیتروژن، سختی، قلیائیت و ... از فاکتورهای مهمی هستند که باید قبل از شروع فعالیت های آبی پروری در هر نوع آبی (رودخانه، زهکش، پساب) مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد.

با توجه به افزایش جمعیت جهانی و نیاز روزافزون به منابع غذایی ضروری است که به آبی پروری به عنوان یکی از منابع تامین کننده غذا توجه ویژه ای شود. افزایش قابل توجه تقاضا برای ماهی، انواع آبزیان و فرآورده های آن صنعت آبی پروری را رونق داده و در این بین توجه به منابع طبیعی (آب و زمین) به عنوان رکن اصلی توسعه آبی پروری حائز اهمیت است (FAO, 2014). در توسعه صنعت آبی پروری نیاز است که به اثرات محیط زیستی آن توجه ویژه شود (Avnilmech, 2012). صنعت آبی پروری بیشتر به عنوان صنعت استفاده کننده از منابع آبی تمیز شناخته می شود. ولی با توجه به کمبود آب و افزایش جمعیت نیاز است که از آب های نامتعارف (پساب ها، فاضلاب های تصفیه شده، آب های لب شور و شور، آب های موجود در آبگیرها) برای پرورش استفاده کرد. توسعه فن آوری های مناسب برای تصفیه پساب آبی پروری و بازیافت آن ها در استفاده مجدد، مسائل و مشکلات محیط زیستی و اجتماعی را به حداقل می رساند و رضایت اقتصادی را در طولانی مدت فراهم می کند. نیاز به مواد غذایی بیشتر و محدودیت منابع آبی، لزوم بهره برداری از منابع پایه نامتعارف را به عنوان گام مهم در افزایش تولید و بهبود اقتصادی- اجتماعی مطرح می نماید. فقط یک درصد آب های سطحی شیرین هستند و محدودیت شدید منابع آب شیرین وجود دارد (Davarpanah, 2018)، از این رو، ارائه راه کاری علمی، اقتصادی و منطقی برای بهبود شرایط حاضر، بهره برداری از منابع آبی نامتعارف در کشور به منظور افزایش تولیدات آبی پروری و ایجاد اشتغال از اهمیتی ویژه و اساسی در کشور برخوردار است.

منابع آبی نامتعارف به آن دسته از آب ها اطلاق می شود که از آن ها به طور معمول نمی توان استفاده کرد و برای به کارگیری آن ها نیاز به اعمال سیاست های مدیریتی، محیط زیستی و تصفیه فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است (فولادمند، ۱۳۸۸). استفاده از آب های نامتعارف با توجه به محدودیت منابع آبی کشور در مدیریت خشکسالی بسیار مؤثر و کارآمد است و یکی از راه های توسعه بخش صنعت آبی پروری محسوب می شود. آب های نامتعارف را می توان به سه دسته آب های شور (آب های شور داخلی و دریا)، زهکش های کشاورزی و پساب یا فاضلاب (شهری، صنعتی و کشاورزی) تقسیم بندی کرد. پساب ها حاوی ترکیبات آلی حلال و مواد جامد معلق هستند که پس از تصفیه قابل استفاده خواهند بود (Chen and Carter, 2016). در صورت ارائه راه کارها و راهبردهای عملی و کارشناسانه، می توان با بهره گیری از منابع آب نامتعارف، که در حال حاضر غیرقابل استفاده محسوب می شوند، میزان تولیدات آبزیان و راندمان مصرف آب را در کشور افزایش داده و فرصت های شغلی جدید ایجاد نمود. بهره برداری

جدول ۱- معیارهای کلی کیفیت آب برای پرورش ماهی برای رسیدن به محصول بهینه (Bhatnagar and Devi, 2013)

| پارامتر                            | محدوده قابل قبول  | محدوده مطلوب             | استرس                       |
|------------------------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------------|
| درجه حرارت (سانتی گراد)            | ۱۵-۳۵             | ۲۰-۳۰                    | ۱۲، <۳۵                     |
| کدورت (سانتی متر)                  |                   | ۸۰-۳۰                    | ۱۲، <۸۰                     |
| رنگ آب                             | سبز روشن و کم رنگ | سبز روشن تا قهوه‌ای روشن | آب شفاف، کدر، سبز و قهوه‌ای |
| اکسیژن محلول (mg/l)                | ۳-۵               | ۵                        | ۵، <۸                       |
| 'BOD (mg/l)                        | ۳-۶               | ۱-۲                      | ۱۰، <                       |
| دی اکسید کربن (mg/l)               | ۰-۱۰              | ۵، <۸                    | ۱۲، <                       |
| pH                                 | ۷/۵-۹             | ۵-۷/۹                    | ۴، <۱۱                      |
| قلیائیت (mg/l)                     | ۵۰-۲۰۰            | ۲۵-۱۰۰                   | ۲۰، <۳۰۰                    |
| سختی (mg $\text{CaCO}_3$ /l)       | >۲۰               | ۷۵-۱۵۰                   | ۲۰، <۳۰۰                    |
| کلسیم (mg/l)                       | ۴-۱۶۰             | ۲۵-۱۰۰                   | ۱۰، <۲۵۰                    |
| آمونیاک (mg/l)                     | ۰-۰/۵             | ۰-۰/۰۲۵                  | ۰/۳، <                      |
| نیتريت (mg/l)                      | ۰/۲-۰/۲           | ۰/۰۲، <                  | ۰/۲، <                      |
| نیترات (mg/l)                      | ۰-۱۰۰             | ۵/۴-۰/۱                  | ۱۰۰، <۰/۰۱                  |
| سولفید هیدروژن (mg/l)              | ۰-۰/۰۲            | ۰/۰۰۲، <                 | ۰/۰۲، <                     |
| تولید اولیه (کربن در لیتر، در روز) | ۱-۱۵              | ۱۴/۶-۱/۹                 | ۳/۲۰، <۱/۶                  |
| پلانکتون (تعداد در لیتر)           | ۲۰۰۰-۶۰۰۰         | ۳۰۰۰-۴۵۰۰                | ۳۰۰۰، <۷۰۰۰                 |

### ۳- آب‌های نامتعارف

#### ۳-۱- پساب تصفیه شده

استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده برای پرورش ماهی، شیوه‌ای از پرورش با سابقه طولانی در تعداد زیادی از کشورهای آسیایی و برخی کشورهای دیگر است. در استخرهای پرورشی با پساب‌ها به علت بالا رفتن میزان فتوسنتز در طول روز، میزان اکسیژن و pH افزایش ولی در شب کاهش می‌یابد، افزایش میزان اکسیژن محلول و pH میزان حذف کلی فرم‌ها را افزایش می‌دهد (Pillay, 1992). در بررسی‌های آزمایشگاهی مشخص شده که استرپتوکوک مدفوعی و سایر ارگانیزم‌های مرتبط با بیماری‌های انسانی (*Klebsiella*, *Escherichiae*, *Salmoellae*) فقط در محتویات روده ماهی آزاد (*Aeromonas Pseudomonas*) و قزل‌آلای پرورش یافته در استخرهای کوددهی شده با پساب تصفیه شده وجود داشته و در سایر احشام و بافت‌های ماهیچه‌ای چیزی مشاهده نشده است (Pillay, 1992). مطالعات اخیر که از فاضلاب‌های تصفیه شده برای تولید بیومس ماهیانی استفاده کردند که توسط ماهیان شکارچی خورده می‌شدند، نشان داد که ماهیان شکاری و ماهیان علف‌خوار برای مصرف انسان سالم بودند (Edwards, 1990). پالایش ماهیان پرورش یافته در پساب‌ها از طریق نگهداری آن‌ها در آب‌های تمیز چند روز قبل از عرضه به بازار و عدم مصرف ماهیان پرورش یافته در پساب‌ها به صورت خام یا فرآوری نشده اقدامی محتاطانه و بدیهی برای جلوگیری از انتقال بیماری از این نوع ماهیان به انسان است.

گونه‌های زیادی از آبزیان در پساب‌ها و لاگون‌های فاضلاب‌ها

پس از تصفیه پرورش داده شده است، از جمله کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، کپور ماهیان هندی (*Catla catla*)، کپور ماهیان چینی: *Labeo rohita*، *Cirrhina mrigala*، کپور نقره‌ای (*Ctenopharyngodon idella*)، بیگ‌هد (*Hypophthalmichthys molitrix*)، ماهی تیلاپیا (*Oreochromis spp.*)، *nobilis*، خامه‌ماهی<sup>۲</sup> (*Chanos chanos*)، گربه‌ماهی<sup>۳</sup> (*Pangasius spp.*)، ماهی گورامی<sup>۴</sup> (*Helostoma temminckii*) و میگوی آب شیرین<sup>۵</sup> (*Macrobrachium lanchesterii*) (FAO, 2014). کپور ماهیان چینی و هندی از گونه‌های رایج پرورشی در پساب‌ها در چین و هند هستند. در این کشورها به دلیل افزایش جمعیت و نیاز به منابع غذایی استفاده بهینه از آب‌های نامتعارف صورت می‌گیرد. در کشور چین این گونه‌ها را به صورت پلی کالچر در پساب پرورش می‌دهند. گونه ماهی تیلاپیا نسبت به کپور ماهیان کمتر در پساب پرورش داده می‌شود، اما این گونه قابلیت بالایی در تحمل شرایط محیطی متغیر نسبت به کپور دارد. خامه ماهی در پساب‌های دریایی و مصب‌ها در کشور هند و چین پرورش داده می‌شود (FAO, 2014). گونه‌هایی که شرایط خاص را تحمل می‌کنند برای پرورش در آب‌های نامتعارف مناسب هستند، از جمله تحمل شرایط محیطی متغیر (اکسیژن محلول، ترکیبات ازته، مواد جامد معلق) و عادت تغذیه‌ای فیلترکنندگی که بتوانند از فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌های موجود در پساب تغذیه کنند. آب‌های نامتعارف غنی از مواد مغذی بوده که انواع ارگانیزم‌های گیاهی و جانوری ریز در آن قادر به رشد و تکثیر هستند که بیومس زنده‌ای را به عنوان غذای زنده در دسترس برای آبزی فراهم می‌کند. تولید پایدار و بالا از محصولات شیلاتی در



آب‌های نامتعارف گزارش شده است. برای مثال ۲-۶ تن محصول در هکتار در اندونزی، ۲/۷ تا ۹/۳ تن محصول در هکتار در چین، ۵/۳ تا ۷/۸ تن محصول در تایوان گزارش شده است (FAO, 2014). گیاهان آبی نیز به خوبی قادر به رشد در آب‌های نامتعارف فاضلاب هستند. در کشورهای چین و هند برخی از ماکروفیت‌های آبی به‌عنوان غذای انسان در آب‌های نامتعارف کشت و پرورش داده می‌شود. از جمله اسفناج‌های آبی<sup>۶</sup> (*Ipomoea aquatica*)، بلوط آبی چینی<sup>۷</sup> (*Eleocharis dulcis*) گیاهان آبی خزها و عدسک‌های آبی *Spirodela Lemna* و *Wolffia* نیز در آب‌های نامتعارف و پساب‌ها پرورش داده می‌شود و به‌عنوان غذای کپور ماهیان، ماکیان، اردک و حلزون‌های خوراکی استفاده می‌شود (Edwards, 1990).

### ۳-۲- پساب نیروگاه‌های حرارتی

تخلیه مقادیر زیادی از پساب‌های حرارتی شامل آب خنک‌کننده مخازن چرخشی نیروگاه‌های برق به آب‌های طبیعی تاثیر نامطلوبی بر محیط‌زیست دارد. در اقلیم‌های معتدله از پساب‌های حرارتی می‌توان برای آبی‌پروری به‌عنوان یک عامل افزایش رشد در ماهی در تمام طول سال استفاده کرد. هم‌چنین امکان پرورش آبزیانی که دماهای بالاتری برای پرورش نیاز دارند را فراهم کرد (Pillay, 1992). تغییرات کیفیت آب نیز از خطرات مرتبط با استفاده از پساب‌های حرارتی است که هم‌زمان با چرخش مخازن خنک‌کننده آب توسط نیروگاه رخ می‌دهد. در شرایط عادی برای نگهداری تاسیسات نیروگاه‌ها از بیوسیدها نظیر کلرین استفاده می‌شود تا از تجمع مواد بیولوژیک و ایجاد بوی تعفن در تیوب‌های مخازن و سیستم تصفیه جلوگیری شود. کلرین در دوره‌های زمانی پیوسته به داخل سیستم تزریق می‌شود تا غلظت کلرین آزاد باقی‌مانده در پساب تخلیه شده به ۰/۲-۱ میلی‌گرم بر لیتر برسد. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا حداکثر کلرین آزاد در پساب تخلیه شده نیروگاه‌های حرارتی ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر و متوسط آن را ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر تا دو ساعت در روز در نظر می‌گیرند.

اگرچه همه پیامدهای تغییرات کیفیت آب به صورت بالقوه خطرناکند، اما برای استفاده در آبی‌پروری خطری ندارند. زیرا

بسیاری از نیروگاه‌ها برای خنثی‌سازی مواد زائد و رقیق‌سازی قابل‌توجه آن‌ها در آب‌های دریافت‌کننده، پساب‌های خود را تصفیه می‌کنند (Boyd and Gross., 2000) که پساب تصفیه شده برای آبی‌پروری مناسب است. محدودیت عمده استفاده از این پساب‌ها، منطبق کردن حجم و دمای آن‌ها با نیازهای آبی‌پروری تحت شرایط خاص است. پساب‌های حرارتی برای آبی‌پروری در مقیاس کوچک بسیار مناسب است که در برخی مناطق جهان استفاده می‌شود. از پساب‌های حرارتی می‌توان برای افزایش دمای آب دریاچه‌های کوچک برای افزایش تولید ماهی نیز استفاده کرد (Pillay, 1992).

### ۳-۳- آب بازگشتی

امروزه توجه به سیستم‌های آبی‌پروری مداربسته<sup>۸</sup> به‌دلیل امنیت بیشتر زیستی و مزایای محیط‌زیستی در حال افزایش است. هنگامی که آب در سیستم‌های پرورشی مدار بسته به‌صورت چرخه‌ای مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرد برخی از خطرات مانند ورود پاتوژن‌ها و گونه‌های بیگانه به سیستم پرورش و مشکلات مربوط به تخلیه آب زائد که باعث ایجاد آلودگی‌های محیط‌زیستی می‌شود، کاهش می‌یابد (Avnilmech, 2012). آب خروجی این سیستم‌ها به‌طور کامل از طریق پمپاژ به سیستم پرورش بازگشت داده می‌شود.

با بازچرخ آب، میزان استفاده از آب در این سیستم‌ها برای پرورش کاهش می‌یابد. در سیستم‌های کاملاً بسته، آب فقط برای آبی‌گیری حوضچه‌ها و جبران تبخیر، استفاده می‌شود. در این سیستم‌ها مقدار پساب خروجی بسیار کم است چون آب بعد از تصفیه مناسب شامل ته نشینی، فیلتراسیون مکانیکی یا بیولوژیک، استریلیزه کردن، اکسیژن‌دهی، هوادهی، کاهش و حذف ترکیبات غیرآلی نیتروژن (با تبدیل آمونیاک به نیتريت، نیتريت به نیترات و نیترات به نیتروژن مولکولی)، خنک کردن یا حرارت دادن و کنترل pH دوباره مورد استفاده قرار می‌گیرد (Valenti and Daniels., 2000). در جدول ۲ کیفیت پساب مزارع پرورش با آب رودخانه و پساب فاضلاب تصفیه شده ارائه شده است. بر اساس داده‌ها مشخص است که پساب‌های حاصل از مزارع پرورش آب تمیزتر بوده و برای پرورش مناسب‌تر هستند.

جدول ۲- مقایسه کیفیت پساب حاصل از مزارع پرورش ماهی، آب رودخانه و پساب خانگی تصفیه شده بیولوژیک (Pillay, 1992)

| مواد تشکیل دهنده        | آب رودخانه | پساب مزرعه پرورش | پساب فاضلاب خانگی |
|-------------------------|------------|------------------|-------------------|
| BOD (mg/l)              | ۵-۱        | ۲۰-۳             | ۳۰۰               |
| نیتروژن کل (mg/l)       | ۲-۱        | ۰/۴-۵            | ۷۵                |
| نیتروژن آمونیومی (mg/l) | -          | ۰/۰-۲/۵          | ۶۰                |
| فسفر کل (mg/l)          | ۰/۰۲-۰/۱   | ۰/۰-۰۵/۱۵        | ۲۰                |
| مواد جامد معلق (mg/l)   | -          | ۵۰-۵             | ۵۰                |

#### ۴-۳- آب‌های شور

آب شور نیز به‌عنوان یک محیط تولید برای آبزیان مورد نظر است. علاوه بر آب‌های شور ساحلی، از آب‌های شور داخلی نیز می‌توان برای آبزی‌پروری بهره‌برداری نمود. آبزی‌پروری با آب‌های شور مناطق داخلی کشور از چند جهت قابل‌توجه است. اول و مهم‌تر از همه وجود بازار مصرف بسیار خوب برای فرآورده‌های آن، به‌ویژه ماهی و میگو، در سطح کشور و جهان است. از این‌رو، نیازی به صرف هزینه و وقت زیاد برای بازاریابی نیست. هم‌چنین در این فعالیت از منابعی استفاده می‌شود که به‌دلیل شوری زیاد برای مصارف کشاورزی رایج کاربرد ندارد. از این‌رو، رقیبی برای کشاورزی رایج در استفاده از زمین‌های مرغوب و منابع آب با کیفیت مناسب نخواهد بود. بهره‌برداری از منابع آب شور به‌منظور آبزی‌پروری بهره‌وری اقتصادی از منابع آب را افزایش داده و

فرصت ایجاد اشتغال و یا تنوع درآمد را برای کشاورز و تولیدکننده فراهم می‌سازد (خورسندی و همکاران، ۱۳۸۹). این نوع فعالیت اقتصادی با میگو در مقیاس بزرگ در کشور آمریکا (ایالت آریزونا) و در مقیاس کوچک در کشور مصر آغاز شده است. تولید تجاری میگوی سفید غربی از سال ۱۹۹۷ میلادی در ایالت آریزونی کشور آمریکا، که از خشک‌ترین مناطق آن کشور است، آغاز شد، از آن پس رشد بسیار بالایی از نظر تولید و ارزش اقتصادی پیدا کرده است. پساب خروجی از این مزارع برای آبیاری گیاهانی که در حال حاضر با آب‌های دارای شوری متوسط آبیاری می‌شوند (مانند گندم، سورگوم و پنبه) استفاده می‌شود. منابع آب مورد استفاده در این مزارع پرورش میگو از آب‌های زیرزمینی (چاه) بوده است (جدول ۵).

جدول ۵- تفاوت خصوصیات کیفی آب ورودی و پساب خروجی مزرعه پرورش میگوی سفید غربی در ایالت آریزونا آمریکا

(McIntosh and Fitzsimmons, 2003)

| اختلاف میانگین | پساب          |         | آب چاه      |         | پارامتر                          |
|----------------|---------------|---------|-------------|---------|----------------------------------|
|                | محدوده        | میانگین | محدوده      | میانگین |                                  |
| -۰/۸۱          | ۲۱/۱ - ۳۱/۲   | ۲۷/۹    | ۲۵/۵ - ۲۹/۸ | ۲۸/۷    | درجه حرارت (سانتی‌گراد)          |
| ۰/۳            | ۴/۵۹ - ۹/۰۸   | ۶/۷۰    | ۵/۴۴ - ۷۰/۹ | ۶/۴     | اکسیژن محلول (mg/l)              |
| ۰/۲            | ۱/۷ - ۲/۷     | ۲/۲     | ۱/۶ - ۲/۵   | ۲       | شوری (گرم بر لیتر)               |
| ۱/۱۵           | ۸/۱۵ - ۹/۶۷   | ۸/۸۴    | ۷/۱۸ - ۷/۹۵ | ۷/۶۹    | pH                               |
| -۲             | ۳ - ۱۳        | ۹       | ۳ - ۱۷      | ۱۱      | نیتروژن کل (mg/l)                |
| ۰/۱۵           | ۰/۰۴ - ۰/۷۰   | ۰/۱۷    | ۰ - ۰/۰۷    | ۰/۰۲    | آمونیاک (mg/l)                   |
| ۰/۲۵۶          | ۰/۱۶۸ - ۰/۴۱۰ | ۰/۲۶۱   | ۰ - ۰/۱۱۰   | ۰/۰۰۵   | نیتريت (mg/l)                    |
| ۳/۲            | ۴/۵ - ۱۸/۲    | ۹/۸     | ۳/۷ - ۱۹/۱  | ۶/۷     | نیترات (mg/l)                    |
| ۰/۳۴           | ۰/۲۹ - ۱/۶۱   | ۰/۷۴    | ۰ - ۰/۸۱    | ۰/۴۰    | فسفر کل (mg/l)                   |
| ۰/۱۹           | ۰/۰۶ - ۰/۷۸   | ۰/۳۳    | ۰ - ۰/۶۰    | ۰/۱۴    | فسفر فعال (mg/l)                 |
| -۳۸            | ۵۱ - ۱۵۶      | ۹۶      | ۱۰۲ - ۱۸۷   | ۱۳۴     | قلیائیت (mg/l)                   |
| ۱۰             | ۰ - ۸۸        | ۲۳      | ۰ - ۶۸      | ۱۳      | نیاز شیمیایی اکسیژن (mg/l) COD   |
| ۵/۳۱           | ۰/۲۲ - ۱۰/۵۵  | ۶/۴۰    | ۰/۱۶ - ۴/۴۰ | ۱/۰۹    | نیاز بیولوژیکی اکسیژن (mg/l) BOD |
| ۴۲/۲           | ۱۱/۶ - ۲۰/۵   | ۴۶/۸    | ۰ - ۱۰      | ۴/۶     | کل جامدات معلق (mg/l) (TSS)      |
| ۲۱/۷           | ۸ - ۹۳/۸      | ۲۴/۱    | ۰ - ۵       | ۲/۴     | جامدات معلق فرار (mg/l) (VSS)    |

#### ۴- گونه‌های قابل پرورش در آب‌های نامتعارف

##### ۴-۱- ماهی و میگو

پرورش ماهیان دریایی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین زیربخش‌های تولید پروتئین حیوانی در کشورها به‌خصوص جنوب‌شرقی آسیا مطرح و در کشور ما نیز پرورش ماهیان دریایی در قفس‌ها برای تولید و اشتغال امری مهم است (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). براساس تجربیات انجام شده در جهان و با توجه به آمار و ارقام مربوط به تولید ماهیان در سیستم‌های پرورش ماهیان دریایی در قفس، تولید پروتئین با کیفیت در سبد مصرفی خانوار، امکان صادرات محصولات و کسب درآمد ارزی، امکان سوق‌دادن

شورورزی و استفاده از آب‌های شور می‌تواند در توسعه آبزی‌پروری در کشور و ایجاد اشتغال در مناطق خشک و مبتلا به شوری مورد توجه قرارگیرد. دریای خزر در شمال، خلیج فارس و دریای عمان در جنوب، دریاچه ارومیه و رودخانه‌ها و دریاچه‌های شور متعدد دیگر در نقاط مختلف، کشور را از حیث بهره‌برداری اقتصادی از محیط‌های آبی شور برای آبزی‌پروری بسیار مساعد ساخته است. به این منابع می‌توان حجیم عظیمی از زه‌آب‌های شور کشاورزی، از جمله زهکش‌های مجتمع‌های نیشکر در استان خوزستان را که در حال حاضر مشکل محیط‌زیستی محسوب می‌شوند، اضافه نمود. آبزی‌پروری در آب‌های شور امکان افزایش بهره‌وری از آب و حل مسئله زهکش‌های شور را فراهم می‌کند (خورسندی و همکاران، ۱۳۸۹).

تشکل‌های صیادی به سمت آبی‌پروری دریایی پایدار، پایین‌بودن هزینه ثابت طرح پرورش ماهی در دریا نسبت به پرورش آن در سیستم‌های خشکی، شرایط مناسب برای پرورش انواع گونه‌ها، ایجاد شغل و اشتغال‌زایی به‌ویژه در مناطق محروم و فرصت شغلی جدید و مناسب در استان‌های ساحلی، روش بسیار مناسب و مقرون به‌صرفه برای پرورش و استقرار در محیط‌های آبی عمیق و استفاده از آب‌های شور، امکان ایجاد شرایط مطلوب پرورشی و بدون استرس‌های محیطی، امکان حرکت‌دادن و جابجا کردن در موقع وجود آلودگی، نیاز به فضای کم و تولید زیاد در هر واحد سطح، جذب سرمایه‌گذاران و سرمایه‌سازان ملی برای فعالیتی نوین در کشور، تامین پروتئین مورد نیاز و گوشت ماهی، با توجه به افزایش جمعیت و محدودیت منابع آب شیرین، آبادی و اشتغال‌زایی در مناطق محروم و دور از مناطق ساحلی در جنوب کشور، دستیابی به تولید انبوه ماهیان با ارزش دریایی، استفاده چند منظوره از منابع آبی به‌عنوان تفریح‌گاه و ورزش ماهی‌گیری و پرورش گونه‌های متنوع از مهم‌ترین مزایای پرورش ماهیان دریایی در قفس است (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۲).

پرورش در قفس فرصت مناسبی است تا مزرعه‌داران از آبی که برای سایر فعالیت‌ها محدودیت استفاده دارد و یا از آن بهره‌برداری نمی‌شود، استفاده نمایند. در سیستم پرورش در قفس نیاز به فضای کم، استفاده از آب نامتعارف شور دریا، تولید زیاد در واحد سطح، امکان حرکت دادن و جابجا کردن در موقع وجود آلودگی، حفظ و نگهداری در برابر شکارچیان، شرایط مناسب برای پرورش انواع گونه‌ها، امکان استفاده از نواحی مربوط به بستر دریا، سادگی و راحتی صید، استفاده بهینه از آب دریا برای تولید از مزایای این سیستم پرورش هستند (عوفی و همکاران، ۱۳۹۲). گونه‌های مختلف ماهی، هامور (*Epinephelus coioides*)، سرخو (*Lutjanus johni*)، سوکلا (*Rachycentron canadom*)، سی‌باس‌آسیایی (*Lates calcarifer*)، حلوا سفید (*Pampus argenteus*)، شانک (*Acanthopagrus latus*)، صبیتی (*Acanthopagrus cuvieri*) قابلیت پرورش در محیط‌های آب شور را دارند (عوفی و همکاران، ۱۳۹۲).

مطالعات مختلفی در مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب‌های شور با استفاده از آب‌های زیرزمینی شور برای پرورش ماهیانی از قبیل قزل‌آلای رنگین‌کمان، فیل ماهی، کفال و تیلپیا صورت گرفته است که بیانگر این است که آب‌های شور زیرزمینی برای پرورش انواع ماهیان مناسب بوده و رشد مطلوب نیز صورت می‌گیرد (علیزاده، ۱۳۸۷، بمانی خرائق و همکاران، ۱۳۹۷). تحقیقات مقدماتی پرورش میگو با استفاده از آب شور دریا در ایران از سال ۱۳۶۳ توسط مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور در پژوهشکده میگوی کشور مستقر در بوشهر انجام شد. دستاوردهای این فعالیت‌های تحقیقاتی منجر به معرفی سه گونه مهم و تجاری

میگوی ببری سبز، سفید هندی و سفید غربی به صنعت آبی‌پروری کشور در سواحل جنوبی شد. پرورش میگو در بسیاری از کشورها از سه دهه گذشته برای تحول در صنعت تولید به سرعت رشد یافته و فعالیت اقتصادی آن قابل توجه بوده است. این صنعت به‌دلیل بازده اقتصادی بالا نقش مهمی در توسعه اقتصادی بسیاری از کشورهای گرمسیری بازی می‌کند (Islam, 2008). با این حال، شواهد نشان می‌دهد که تولید پایدار تا حدودی با ظرفیت قابل تحمل اکوسیستم‌های ساحلی (حاوی آبی‌پروری) محدود شده است (Sa et al., 2013). علاوه بر این، رشد سریع این صنعت در یک مسیر نامتعارف منجر به برخی مشکلات محیط‌زیستی، فنی، اقتصادی و اجتماعی شده است که به‌طور گسترده‌ای در تحقیقات بین‌المللی گزارش شده است (Neiland et al., 2001).

در آبی‌پروری در محیط‌های شور، رعایت نکات زیست‌محیطی و اکولوژیکی توصیه می‌شود از جمله: آب‌بندی مناسب کف استخر، برای جلوگیری از نشت آب به آب‌های زیرزمینی و بالا آمدن سطح ایستابی، پیشگیری از فرار گونه‌های غیربومی (در صورت استفاده از این گونه‌ها) به آبراهه‌های طبیعی منطقه، پیشگیری از انتقال امراض و آلودگی‌های احتمالی به آبراهه‌های طبیعی و جلوگیری از خروج و انتقال آب به خارج از محدوده تولید آبی، به عبارت دیگر، دفع پساب‌های آبی‌پروری به‌صورت مناسب باید در خود منطقه و محل صورت گیرد و پساب حاصله به آبراهه‌ها یا محیط‌های آبی حساس تخلیه نشود (Sousa et al., 2006). در مزرعه‌های پرورش متراکم میگو، آب تخلیه شده از یک مزرعه با آب ورودی مزرعه همسایه مخلوط شده که منجر به آلودگی مزارع و گسترش بیماری بین جمعیت میگو می‌شود. سیستم‌های مختلف پرورش میگو، اثرات متفاوتی بر محیط‌زیست می‌گذارند. سیستم‌های گسترده نیاز به زمین با مساحت بیشتر دارند و در نتیجه منجر به تخریب اکوسیستم‌های ساحلی می‌شوند. اما سیستم‌های متراکم بیشتر باعث مشکلات آلودگی به دلیل تراکم بالا، خوراک ورودی و مواد شیمیایی شده اند (Sousa et al., 2006).

اخیرا به‌کارگیری تکنیک نوین توده‌ساز زیستی<sup>۱۱</sup> برای رفع مشکلات آبی‌پروری پایدار توصیه شده است. در این تکنولوژی با مدیریت صحیح، از جمعیت باکتری‌ها در آب به‌طور موثر استفاده می‌شود. در این سیستم تعویض آب صفر یا حداقل، برای به حداکثر رساندن امنیت زیستی و به حداقل رساندن اثرات زیست محیطی مزرعه است (Avnimelech, 2012; Khanjani et al., 2017). هواده‌های قوی مصنوعی برای تزریق و تامین اکسیژن و معلق کردن ذرات آلی و توسعه جوامع میکروبی هتروتروفیک در استخر، به‌کارگیری می‌شود. نقش اصلی را در این سیستم باکتری‌های شوره‌ساز<sup>۱۲</sup> و باکتری‌های هتروتروف (گونه‌های باسیلوس با فرایند آسیمیلایسون<sup>۱۳</sup> و گونه‌های سودوموناس با فرایند

## ۲-۴-آرتمیا

آرتمیا یکی از انواع مهم و نسبتاً گسترده سخت‌پوستان است که از آب‌های لب شور تا آب‌های شور که میزان املاح آن‌ها ممکن است تا چند برابر آب دریا باشد، زندگی می‌کند (Lavens and Sorgeloos, 1996). یکی از ملزومات گسترش آبی‌پروری، تامین غذای لاروی انواع آبزیان پرورشی است. پرورش موفق لارو آبزیان یک مرحله مهم در چرخه تولید برای بسیاری از گونه‌های آبی است. یکی از مشکلات مهم در این راه، فراهم نمودن غذای مناسب برای تغذیه ابتدایی لاروها است. غذای زنده به ویژه زئوپلانکتون‌ها به عنوان غذایی ابتدایی برای تغذیه برخی از گونه‌های ماهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از مهم‌ترین غذاهای زنده در صنعت آبی‌پروری ناپلیوس آرتمیا است. ارزش غذایی ناپلی آرتمیا در حد مطلوبی است و دارای بیش از ۵۲٪ پروتئین و ۴٪ چربی است و همچنین گونه‌های آرتمیا بالغ از نظر ارزش غذایی حاوی ۵۰ تا ۶۰٪ پروتئین، ۲ تا ۱۹٪ لیپید، ۹ تا ۱۷٪ کربوهیدرات و ۹ تا ۱۱٪ خاکستر است (Ahmadi et al., 1990).

امروزه آمریکا، برزیل و چین بزرگترین تولید کنندگان سیستم و بیوماس آرتمیا در جهان هستند. آمریکا به تنهایی ۷۰٪ بازار جهانی آرتمیا را در اختیار دارد و سالانه میلیون‌ها دلار از این تجارت سود می‌برد. نوسانات قیمت سیستم در بازار جهانی و وابستگی شدید به سیستم، موجب شد تا فرایند تولید در مزارع تولید نمک، آبگیرهای دست‌ساز با آب‌های نامتعارف شور و زهکش‌های کشاورزی شور انجام شود. بسیاری از کشورهای آسیای جنوب شرقی نظیر چین، ویتنام، فیلیپین، تایلند و سریلانکا در این خصوص از پیشرفت قابل ملاحظه‌ای برخوردار بوده و نتایج

قابل قبولی در طی سال‌های اخیر به دست آورده‌اند. میزان برداشت در کشورهای مختلف با توجه به سیستم پرورش، نوع مدیریت، شرایط اقلیمی و اهداف نهایی (تولید نمک مصرفی یا صنعتی) متفاوت است. به عبارتی مدیریت برداشت، تولید و فرآوری سیستم و بیوماس آرتمیا بستگی به نوع منبع، میزان تولید و حجم عملیات دارد. هم‌اکنون در دنیا تولید و برداشت سیستم و بیوماس آرتمیا از چندین منبع با بهره‌گیری از آب شور و نامتعارف انجام می‌شود.

## ۴-۳- علف‌های دریایی و جلبک‌ها

در حدود ۱۰۰۰۰ گونه علف دریایی<sup>۱۵</sup> وجود دارد که ۵۰۰ گونه از آن به صورت تجاری مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (Guiry, 2001). علف‌های دریایی منبع غنی از فیکوکلوئیدها هستند، که کاربرد وسیعی در صنایع مختلف دارند. این مواد پلی‌ساکاریدهای هستند که مهم‌ترین فرآورده‌های آن آگار<sup>۱۶</sup>، کاراجین<sup>۱۷</sup> و آلگانی<sup>۱۸</sup> هستند. همچنین این علف‌ها منابع غنی از عناصر آهن و ید هستند. جلبک‌ها به صورت ماکرو و میکرو که در آب‌های شور تولید می‌شوند طیف وسیعی از انواع فرآورده‌های مفید، مانند بتاکاروتین، کلروفیل، اسیدهای چرب، انواع مواد معدنی و ویتامین‌ها از گونه‌های مختلف آن‌ها استخراج می‌شود (PPK, 2001). این مواد در صنایع بهداشتی، دارویی، مکمل‌های غذایی برای انسان، آبزیان و دام، و سوخت‌های زیستی کاربرد فراوان و بازار مصرف بسیار خوبی دارند. تحمل به شوری و فرآورده‌های برخی از گونه‌های انواع جلبک‌ها در جدول ۶ ارائه شده است. پرورش انبوه جلبک‌ها و جنگل‌های دریایی<sup>۱۹</sup> در محیط‌های آبی شور، فرصت بهره‌برداری از آب‌های بسیار شور را برای تولید خوراک انسان، آبزیان و دام و ایجاد درآمد فراهم می‌سازد.

جدول ۶- گونه‌های مناسب جلبک برای پرورش با آب‌های شور (PPK, 2001)

| انواع گونه‌های جلبک               | فرآورده تجاری              | شوری (گرم بر لیتر) |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------|
| <b>میکرو جلبک</b>                 |                            |                    |
| <i>Dunaliella salina</i>          | بتاکاروتین                 | <۲۰۰               |
| <i>Aphanothece halophytica</i>    | پلی‌ساکاریدها و رنگدانه‌ها | <۲۰۰               |
| <i>Tetraselmis and Isichrysis</i> | خوراک آبی                  | تقریباً ۳۰         |
| <i>Spirulina platensis</i>        | فرآورده‌های غذایی سالم     | تقریباً ۳۰         |
| <i>Porphyridium creurentum</i>    | پلی‌ساکاریدها و رنگدانه‌ها | تقریباً ۳۰         |
| <b>ماکرو جلبک</b>                 |                            |                    |
| <i>Gracilaria spp.</i>            | خوراک آبی                  | تقریباً ۳۰         |
| <i>Ulva spp.</i>                  | خوراک دام و آبزیان         | تقریباً ۳۰         |
| <i>Caulerpa spp.</i>              | خوراک انسان در ژاپن        | تقریباً ۳۰         |

## ۵- مدیریت کیفیت آب پساب‌های تصفیه شده

تراکم تعدادی از پاتوژن‌ها در پساب افزایش می‌یابد که کنترل و مدیریت آن‌ها در استفاده از پساب‌ها ضروری است. برخی از پاتوژن‌ها از جمله انواع نماتودها و ترماتودها از گیاهان آبی و



ماهی به عنوان میزبان حدواسط استفاده می کنند (Strauss, 1985). از جمله *Heterophys*, *Clonorchis*, *Schistosoma*, *Opisthorchis* و *Metagonimus* از جمله پاتوژن های خطرناک هستند که کنترل و مدیریت آن ها در استفاده از پساب ها مورد توجه است. کلونورکیس و شیسستوزوما از همه آن ها خطرناک تر بوده و سنجش تراکم آن در پساب ها برای استفاده در آبی پروری حائز اهمیت است که اگر تراکم آن بالا باشد استفاده از این منابع برای آبی پروری دارای محدودیت است (Strauss, 1985).

فاز اول توسعه پاتوژن کلونورکیس ابتدا در بدن حلزون توسعه یافته، سپس حلزون آن را به بدن آبی انتقال داده و آبی در صورت مصرف به صورت خام و نیمه پخته پاتوژن را به انسان انتقال می دهد. حلزون های آبی هم چنین به عنوان میزبان حدواسط ترماتود شیسستوزوما هستند که سبب بیماری شیسستوزومیازی می شود. هنگامی که کارگران به داخل حوضچه های پرورش می روند حلزون های عفونی شده با ترماتود که حاوی لارو آن هستند، ممکن است به بدن کارگر چسبیده و لارو به پوست نفوذ کند. بیماری شیسستوزوما به طور ویژه *Schistosoma japonicum* در استخرهای آبی پروری استفاده از پساب دیده شده است.

مطالعاتی در مورد بقای باکتری ها و ویروس ها در ماهی انجام گرفت (Strauss, 1985) و نتیجه شد که اگر تراکم باکتری های کلی فرم و سالمونلا به ترتیب بیش از  $10^4$  و  $10^5$  در هر میلی لیتر شود، باکتری به بافت عضله ماهی نفوذ می کند. نتایج دیگر این تحقیق به شرح زیر است:

- هر چه مدت زمان در معرض قرارگیری ماهی با آلودگی افزایش یابد نفوذ باکتری به بافت ماهی بیشتر می شود؛
- تجمع کمتری از میکروارگانیسم ها و باکتری ها و نفوذ آن ها به بافت ماهی رخ می دهد، هنگامی که غلظت کلی فرم در آب استخر کمتر از ۱۰۰۰ عدد در هر میلی لیتر باشد؛
- حتی در غلظت پایین آلودگی آب پساب، تراکم پاتوژن بالایی ممکن است در لوله گوارش ماهی حضور داشته باشد؛
- پاتوژن ها در طحال، کلیه و کبد ماهی مشاهده شد.

سازمان بهداشت جهانی<sup>۹</sup> محدودیت هایی را در استفاده از پساب های تصفیه شده در آبی پروری و کشاورزی اعمال نموده است. براساس دستورالعمل سازمان بهداشت جهانی، پساب مورد استفاده برای استخرهای پرورش آبی باید عاری از تخم انگل نماتودها بوده و تعداد کلی فرم مدفوعی در آن ها بیش از ۱۰۰۰ عدد در هر ۱۰۰ میلی لیتر نباشد. در استفاده از پساب های شهری در آبی پروری مهم ترین عامل محدودیت ز، کلی فرم، فکال کلی فرم و تخم انگل نماتود است. کیفیت باکتریولوژیکی بافت

عضله ماهی در سیستم های پرورشی با آب بازیافتی در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- کیفیت عضله ماهی پرورش یافته در سیستم آب بازیافتی (Buras et al., 1987)

| غلظت کل باکتری های هوازی در بافت عضله ماهی (باکتری / گرم عضله) | کیفیت عضله    |
|----------------------------------------------------------------|---------------|
| ۱۰-۰                                                           | بسیار خوب     |
| ۳۰-۱۰                                                          | متوسط         |
| بیشتر از ۵۰                                                    | غیر قابل قبول |

در صورت تامین استانداردهای بهداشتی امکان استفاده از منابع بازیافتی نامتعارف در آبی پروری مقدور بوده ولی نیاز به پایش دقیق محصولات تولیدی و پساب ورودی به استخر دارد. در زمینه استفاده از زهکش های کشاورزی در آبی پروری با توجه به استانداردهای سختگیرانه، سموم و علف کش ها مهم ترین عامل محدودیت ز بوده که استفاده از این منابع را با محدودیت مواجه می سازد. معیار کیفیت پیشنهادی برای استفاده از پساب و آب های بازیافتی برای پرورش ماهی در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- معیار کیفیت پیشنهادی برای استفاده از پساب و آب های بازیافتی برای پرورش ماهی (WHO, 1989)

| پارامتر              | مقدار پیشنهاد شده |
|----------------------|-------------------|
| آمونیاک (mg/l)       | کمتر از ۱         |
| دی اکسید کربن (mg/l) | کمتر از ۱۲        |
| فلزات سنگین (mg/l)   | کمتر از ۱         |
| جامدات محلول (mg/l)  | کمتر از ۱۰۰۰      |
| دترجنت ها (mg/l)     | کمتر از ۰/۲       |
| اکسیژن محلول (mg/l)  | بیش از ۵          |
| pH                   | ۸/۵ - ۶/۵         |
| DDT (mg/l)           | کمتر از ۰/۰۰۲     |

\* براساس سازمان بهداشت جهانی برای استفاده از پساب در آبی پروری میزان کلی فرم مدفوعی کمتر و یا مساوی ۱۰۰۰ در هر ۱۰۰ میلی لیتر و در هر لیتر هیچ تخم زنده ترماتودی مشاهده نشود (WHO, 1989).

## ۶- نتیجه گیری

کمبود آب و تامین مواد غذایی جمعیت رو به فزون سبب شده استفاده از آب های نامتعارف مانند آب های شور، فاضلاب های شهری و صنعتی، آب خروجی از کارگاه های پرورش و آبیگرهای سیلابی به عنوان منابع با ارزش برای افزایش میزان تولیدات بخش کشاورزی و آبی پروری محسوب شود. در ارتباط با قابلیت مصارف پساب ها و آب های برگشتی نتیجه گیری می شود که مهم ترین کاربری مصارف این منابع، در آبی پروری (پس از تصفیه

و بررسی آب) کشاورزی و هم‌چنین آبیاری فضای سبز و جنگل‌کاری اطراف شهرها است که امکان استفاده از این منابع را با حداقل اثرات سوء محیط‌زیستی مقدور می‌سازد. مهم‌ترین عامل محدودیت‌زای کیفی پساب‌های حاصل از تصفیه فاضلاب شهری در مصارف مختلف ویژگی‌های بهداشتی و مواد آلی پساب خروجی است، که پس از تصفیه فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی قابلیت استفاده در آبی‌پروری را دارند. استفاده از آب‌های نامتعارف با توجه به محدودیت منابع آبی کشور در مدیریت خشکسالی بسیار مؤثر و کارآمد است و هم‌چنین استفاده آن یکی از راه‌های توسعه بخش شیلات محسوب می‌شود. استفاده از آب‌های شور نامتعارف که مصرف شرب ندارند، را می‌توان برای افزایش بهره‌وری و تولید در پرورش ماهی، میگو، آرتیمیا و جلبک استفاده کرد که از اهمیت زیادی برخوردار است. از این‌رو شورورزی به‌عنوان راه‌کاری کاربردی، اقتصادی و پایدار می‌تواند مکمل تولیدات کشاورزی در ارتقای امنیت غذایی کشور باشد. منبع اصلی آب‌های شور در مناطق داخلی، آب‌های زیرزمینی هستند که در استان‌های مرکز ایران مثل یزد و کرمان این منابع آبی زیاد است و می‌توان برای آبی‌پروری، اشتغال و تولید استفاده کرد. تعیین مقدار کمیت آب شور و حجم آن برای توسعه فعالیت‌های آبی‌پروری ضروری بوده و تعیین‌کننده پایداری فعالیت‌های شیلاتی است.

#### ۷- پی‌نوشت‌ها

- 1- Biological Oxygen Demand
- 2- Milk fish
- 3- Cat fish
- 4- Kissing gouramy
- 5- Freshwater Prawn
- 6- Water spinach
- 7- Chinese water chestnut
- 8- Recirculation aquaculture systems
- 9- World Health Organization
- 10- Chemical Oxygen Demand
- 11- Biofloc technology
- 12- Nitrifying
- 13- Assimilation
- 14- Denitrification
- 15- Sea weed
- 16- Agar
- 17- Carageenan
- 18- Alginates
- 19- Kelp

#### ۸- مراجع

بمانی خراشق، ا.، علیزاده، م. و خانجانی، م.ح.، (۱۳۹۷)، "ارزیابی اثرات زیست‌محیطی (EIA) پرورش ماهی تیلپایی نیل (*Oreochromis niloticus*) در برخی مناطق استان یزد"،

مجله بوم‌شناسی آبزیان، (۴) ۶۸-۸۱.

حسین‌زاده، ه.، مهرابی، م.ح. و ربانی‌ها، م.، (۱۳۹۲)، مروری بر پرورش ماهی در قفس، ملاحظات بهداشتی و زیست محیطی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، تهران.

خورسندی، ف.، وزیری، ژ.، و عزیزی زهان، ع.، (۱۳۸۹)، شورورزی: استفاده پایدار از منابع آب و خاک شور در کشاورزی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی. ۳۳۶ صفحه.

علیزاده، م.، (۱۳۸۷)، بررسی تاثیر سطوح مختلف پروتئین و انرژی جیره غذایی بر عملکرد رشد بدن و تکامل گنادهای جنسی فیل ماهی‌های ۴ ساله پرورشی در آب لب‌شور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات شیلات ایران، ایستگاه تحقیقاتی ماهیان آب شور. گزارش طرح، ۹۵ صفحه.

عوفی، ف.، شریفیان، م. و ربانی‌ها، م.، (۱۳۹۲)، انتخاب مکان مناسب جهت استقرار سیستم‌های پرورش ماهیان دریایی در قفس به روش ارزیابی ماتریس پاستاکیا (خلیج فارس، استان هرمزگان، جزایر تنگه هرمز)، گزارش علمی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور.

فولادمند، ح.ر.، (۱۳۸۸)، اصول آبیاری، انتشارات نوید شیراز، ۲۲۳ صفحه.

Ahmadi, M.R., Leibovitz, H., and Simpson, K.L., (1990), "Nutrient composition of the Iranian brine shrimp (*Artemia urmiana*)", *Comparative Biochemistry and Physiology*, 95(2), 225-228.

Avnimelech, Y., (2012), *Biofloc technology: A practical guide book*, 2<sup>nd</sup> Edition, The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States, 272 p.

Bhatnagar, A., and Devi, P., (2013), "Water quality guidelines for the management of pond fish culture", *International Journal of Environmental Sciences*, 3(6), 1980-2009.

Boyd, C. E., and Gross, A., (2000), "Water use and conservation for inland aquaculture ponds", *Fisheries Management and Ecology*, 7, 55-63.

Buras, N., Duek, L., Niv, S., Hepher, B., and Sandbank, E., (1987), "Microbiological aspects of fish grown in treated wastewater", *Water Research*, 21, 1-10.

Chen, H., Carter, K.E., (2016), "Water usage for natural gas production through hydraulic fracturing in the United States from 2008 to 2014", *Journal of Environmental Management*, 170, 152-159.

Davarpanah, A., (2018), "The integrated feasibility analysis of water reuse management in the petroleum exploration performances of unconventional shale reservoirs", *Applied Water Science*, 8(75), 1-12.

Edwards, P., (1990), *Reuse of human excreta in aquaculture: A state-of-the-art review*, Draft Report, World Bank, Washington DC.

Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO Fisheries and Aquaculture Department, (2014), "The state of world fisheries and aquaculture", Retrieved from the Food and Agricultural Organization of the United Nations website: <http://www.fao.org/>

- Guiry, M., (2001), *What is Seaweed?* <http://seaweed.ucg.ie/whatisseaweed.html>.
- Khanjani, M.H., Sajjadi, M.M., Alizadeh, M., and Sourinejad, I., (2017), "Nursery performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultivated in a biofloc system: The effect of adding different carbon sources", *Aquaculture Research*, 48, 1491-1501.
- Islam, M.S., (2008), "From pond to plate: Towards a twin-driven commodity chain in Bangladesh shrimp aquaculture", *Food Policy*, 33(3), 209-223.
- Lavens, P., and Sorgeloos, P., (1996), *Manual on the production and use of live food for aquaculture*, FAO Fisheries Technical Paper, FAO Press, Rome.
- McIntosh, D., and Fitzsimmons, K., (2003), "Characterization of effluent from an inland, low-salinity shrimp farm: What contribution could this water make if used for irrigation", *Aquacultural Engineering*, 27, 147-156.
- Neiland, A.E., Soley, N. Varley, J.B., and Whitmarsh, D.J., (2001), "Shrimp aquaculture: Economic perspectives for policy development", *Marine Policy*, 25(4), 265-279.
- Pillay, T.V.R., (1992), *Aquaculture and the environment*, Fishing News Books, Cambridge, Massachusetts USA.
- PPK, (2001), *Options for the productive use of salinity*, National Dryland Salinity Program ([www.ndsp.gov.au](http://www.ndsp.gov.au)).
- Rabiei, R., Phang, S.M., Yeong, H.Y., Lim, P.E., Ajdari, D., Zarshenas, G., and Sohrabipour, J., (2014), "Bioremediation efficiency and biochemical composition of *Ulva reticula* forsskal (Chlorophyta) cultivated in shrimp (*Peneaus monodon*) hatchery effluent", *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 13 (3), 621-639.
- Sa, D.T., Sousa, R.R.De., Rocha, I.R.C.B., Lima, G.C.De., and Costa, F.H.F., (2013), "Brackish shrimp farming in northeastern brazil: the environmental and socio-economic impacts and sustainability", *Natural Resources*, 4, 538-550.
- Sousa, O.V., Macrae, A., Menezes, F.G.R., Gomes, N.C.M., Vieira, R.H.S.F., and Mendonça-Hagler, L.C.S., (2006), "The impact of shrimp farming effluent on bacterial communities in mangrove waters, Ceará, Brazil," *Marine Pollution Bulletin*, 52(12), 1725- 1734.
- Strauss, M., (1985), *Pathogen survival, Part II., Health aspects of nightsoil and sludge use in agriculture and aquaculture*, IRCWD Report No. 04/85. International Reference Centre for Waste Disposal, Dubendorf, Switzerland.
- Valenti, W.C., and Daniels, W.H., (2000), "Recirculation hatchery systems and management", In: New, M.B., Valenti, W.C. (Eds), *Freshwater Prawn Culture*, Blackwell, Oxford, 69-90.
- World Health Organization (WHO), (1989), *Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture*, Technical Report No. 778, Geneva, 74 p.

Research Paper

مقاله پژوهشی

Investigation of Contamination in Irrigation  
Network of Agricultural Lands North of  
Khuzestan Plain

بررسی میزان املاح و برخی آلاینده‌ها در شبکه آبیاری و  
زهکشی اراضی کشاورزی دشت شمال خوزستان

Linda Pour salim<sup>1</sup>, Davood Kahforoushan<sup>2\*</sup>,  
Amanallah Ebadi<sup>3</sup> and Milad Mohammadi<sup>4</sup>

لیندا پورسلیم<sup>۱</sup>، داود کاهفروشان<sup>۲\*</sup>، امن‌اله عبادی<sup>۳</sup> و میلاد  
محمدی<sup>۴</sup>

1- MSc. in Chemical Engineering, Faculty of Chemical  
Engineering, Sahand University of Technology,  
Tabriz, Iran.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی  
شیمی، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران.

2- Associate Professor. Faculty of Chemical  
Engineering, Sahand University of Technology,  
Tabriz, Iran.

۲- دانشیار، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز،  
ایران.

3- MSc. in Energy Systems Engineering, Faculty of  
Mechanical Engineering, Sahand University of  
Technology, Tabriz, Iran.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های انرژی، دانشکده  
مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران.

\* Corresponding author, Email:  
[kahforoushan@sut.ac.ir](mailto:kahforoushan@sut.ac.ir)

\* نویسنده مسئول، ایمیل: [kahforoushan@sut.ac.ir](mailto:kahforoushan@sut.ac.ir)

Received: 20/10/2018

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۲۸

Revised: 17/12/2019

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۸/۰۹/۲۶

Accepted: 05/01/2020

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۱۵

Abstract

چکیده

Dez River as the main source of water for agriculture, industry and drinking have particular importance in the north of Khuzestan plain. Dez River passes from different areas such as village and industrial cities, it is possible to enter many contaminants. So, water quality studies can be very useful. In this study, samples from 14 stations in the north of Khuzestan plain in three periods (low rainfall, medium and high) and analysis of anions and cations, heavy metals and the pH of water and measuring hardness, conductivity electric and total dissolved solids, calculating the evaluation index of water such as saturation index, permeability index, the percentage of soluble sodium, sodium adsorption rate and using charts Wilcox, Piper and stellar and compared to irrigation water standards; regional water situation was evaluated. Finally were determined characteristics of water at each station and the restrictions on its use for irrigation. According to the results, all the stations are in the category of S1C2 and S1C3 and no limit to irrigation. Water of region containing a high percentage of nitrate, one of the most important factor is the high level of cultivation and unnecessary use of nitrate fertilizers. Among the heavy metal, cadmium in only a few cases were exceeded.

رودخانه دز به‌عنوان منبع اصلی تأمین آب کشاورزی، صنعت و آب آشامیدنی در شمال دشت خوزستان بوده است. امروزه این رودخانه به‌دلیل عبور از مناطق مختلف روستایی و شهرک‌های صنعتی در طول مسیر و ورود آلاینده‌ها در معرض خطر قرار گرفته است. بنابراین مطالعات کیفیت آب برای پایش وضعیت این رودخانه بسیار اهمیت دارد. در این پژوهش، برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه دز از نظر مطابقت با شاخص‌های آبیاری کشاورزی، طی سه نوبت بدون بارش، کم بارش و پر بارش؛ و از ۱۴ نقطه مختلف نمونه‌برداری شد. تجزیه و تحلیل ویژگی‌ها و شاخص‌های مختلف آب مانند: شاخص اشباعیت، نفوذپذیری، درصد سدیم محلول، میزان جذب سدیم و ... با استفاده از نمودارهای پایپر و ویلکاکس انجام شد. نتایج نهایی براساس اطلاعات تمام ایستگاه‌ها نشان داد که کیفیت آب رودخانه دز در دسته S1C2 و S1C3 بوده و محدودیت خاصی برای آبیاری ندارد. در میان فلزات سنگین تحلیل شده، فلز سمی کادمیم در چند نمونه از حد استاندارد فراتر رفته بود. همچنین شاخص SSP، برای تمام نمونه‌ها بالاتر از ۱۵٪ به‌دست آمد. از آنجایی که بالاتر رفتن از این حد به کاهش نفوذپذیری در خاک می‌انجامد، لذا در هیچ کدام از نمونه‌ها حد ایده‌آل نفوذپذیری وجود ندارد.

**Keywords:** Water quality, Dez River, Chemical characteristics, Heavy metals.

**کلمات کلیدی:** کیفیت آب، رودخانه دز، پارامترهای شیمیایی، فلزات سنگین.



بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری ناحیه شمال خوزستان، ۱۳۹۶). آن‌چه پژوهش حاضر را از سایر تحقیقات متمایز می‌سازد، بررسی رودخانه در گذر از روستاها و مزارع و شهرک‌های صنعتی است که به‌طور کلی اثر انواع فاضلاب‌های صنعتی، خانگی و کشاورزی را مورد توجه قرار می‌دهد. لذا در این تحقیق به‌صورت میدانی از شبکه آبیاری رودخانه دز در نقاط مختلف در بازه زمانی پاییز ۹۵ تا پاییز ۹۶ نمونه‌برداری شده و آزمایشات مربوط به آن در سه نوبت برای اندازه‌گیری پارامترهای هدایت الکتریکی، pH، کل املاح محلول، قلیائیت، سختی کل و موقت، کاتیون‌ها، فلزات سنگین، آهن، منگنز، کادمیم، آنیون‌های کربنات، بی‌کربنات، سولفات، کلرید و پتاسیم مورد بررسی قرار گرفت. از این طریق کیفیت آب و دلایل آلودگی آن در طول شبکه آبیاری مشخص شده و امکان بهینه‌سازی کیفیت در آینده فراهم می‌آید.

## ۲- مواد و روش‌ها

در این تحقیق به‌منظور ارزیابی کیفیت آب و وضعیت عناصر آلاینده و آگاهی از مشکلات احتمالی در رودخانه دز و زهکش‌های اطراف رودخانه، در سه نوبت بدون بارش (اواخر بهار و تابستان)، کم بارش (اوایل بهار و پاییز) و پر بارش (زمستان)؛ و ۱۴ ایستگاه (شامل ۳ ایستگاه در رودخانه دز، ۵ ایستگاه شرقی و ۶ ایستگاه غربی) نمونه‌برداری انجام شد. در شکل ۱، شمای کلی منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های نمونه‌برداری با نماد ستاره مشاهده شده‌است. هم‌چنین در جدول ۱ مشخصات کلی ایستگاه‌های نمونه‌برداری آورده شده‌است.

نمونه‌های آب و زه‌آب پس از انتقال به آزمایشگاه به‌سرعت با کاغذ صافی فیلتر شدند. هر نمونه به دو قسمت تقسیم شد و pH یک قسمت از آن به کمک اسید سولفوریک به کمتر از ۲ رسانده و تا زمان آزمایشات در یخچال نگهداری شد. شایان‌ذکر است که آزمایشات انجام شده بر روی نمونه‌ها در آزمایشگاه آب و فاضلاب استان خوزستان انجام گرفته است.

بر روی تمامی نمونه‌ها براساس روش‌های استاندارد آب و فاضلاب، اندازه‌گیری‌های ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب شامل: اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (EC)<sup>۱</sup>، pH، کل املاح محلول (TDS)<sup>۲</sup>، قلیائیت (Alkalinity)، سختی کل و موقت (TH)<sup>۳</sup> و CH، کاتیون‌ها (کلسیم (Ca<sup>2+</sup>)، منیزیم (Mg<sup>2+</sup>)، سدیم (Na<sup>+</sup>)، فلزات سنگین (Fe<sup>2+</sup>)، آهن، منگنز (Mn<sup>2+</sup>)، کادمیم (Cd<sup>2+</sup>)، آنیون‌های کربنات (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)، بی‌کربنات (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)، سولفات (SO<sub>4</sub>)، کلرید (Cl<sup>-</sup>) و پتاسیم (K<sup>+</sup>) صورت پذیرفت (شرکت مهندسی آبرام، ۱۳۹۵؛ پورم، ۱۳۹۵؛ Ayers and Westcot, 1994).

با توجه به این‌که بررسی کیفیت آب رودخانه دز برای آبیاری

رودخانه دز به‌عنوان یکی از رودخانه‌های شمال استان خوزستان در بحث آبیاری اراضی کشاورزی اهمیت فراوانی دارد. هم‌اکنون در محدوده شبکه دز، قریب به ۴۰ نوع کشت مختلف در فصول تابستان و زمستان به‌بار می‌نشیند که از این میان می‌توان به ۴۰ هزار هکتار گندم آبی، ۲۰ هزار هکتار ذرت دانه‌ای، ۱۵ هزار هکتار نیشکر در شرکت‌های هفت‌تپه و کارون، ۴ هزار هکتار باغات، مرکبات، ده‌ها هکتار سبزیجات، انواع گل و صدها هکتار صیفی‌جات که به‌صورت روباز و یا گلخانه‌ای کشت می‌شوند، اشاره کرد. تأثیر فراوان شبکه بر اقتصاد منطقه علاوه بر اشتغال مستقیم در بخش کشاورزی موجب رونق مشاغلی چون ساخت جعبه‌های حمل محصولات، مرتب‌سازی میوه، تهیه لوازم یدکی و تعمیر ماشین آلات کشاورزی، مؤسسات حمل و نقل و هم‌چنین صنعت بانکداری نیز شده است. متأسفانه این رودخانه مانند سایر رودخانه‌های کشور از آلودگی‌های محیط‌زیستی که موجب تغییر کیفیت آب و اثرات ناگوار بر گونه‌های گیاهی و آبزیان می‌شود، مصون نیست. لذا لزوم بررسی تغییرات کیفیت آب و چاره‌اندیشی برای کاهش آلودگی آن بسیار مهم است (کارگروه حفاظت کیفی رودخانه، ۱۳۹۵؛ کمیسیون فنی تدوین استاندارد، ۱۳۸۶).

آن‌چه در مورد پایش آلودگی آب‌ها اهمیت دارد این است که تحقیقات در این زمینه باید به‌صورت موردی انجام گیرد، چرا که منابع آلاینده و ویژگی‌های محیطی هر رودخانه منحصر به‌فرد است. در مورد پایش آلودگی رودخانه دز نیز تحقیقاتی انجام گرفته است. به‌عنوان نمونه می‌توان به تحقیق پاک‌نژاد و همکاران (۱۳۹۰) اشاره کرد که پیامدهای محیط‌زیستی ناشی از مصرف نهاده‌های کشاورزی بر کیفیت آب زهکش‌های شبکه آبیاری رودخانه دز را در ۸ ایستگاه آب‌سنجی در نقاط مختلف رودخانه و انشعابات آن مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیقات ایشان نشان داد که بیشترین تغییرات کیفیت نسبت به ابتدای مسیر در زهکش‌های لوره شوره و عتیج و کمترین تغییرات در زهکش‌های سلیمه و سخیری دیده شده، از نظر طبقه‌بندی ویلکوکس کلاس آب رودخانه از نظر شوری و خطر سدیمی استفاده از کلیه زهکش‌ها مشکلی برای مصارف کشاورزی ندارد. دامنه تغییرات میزان نیترات ۲-۷۵ میلی‌گرم در لیتر و میزان فسفات ۰/۲ تا ۲/۱ میلی‌گرم در لیتر بود، که نشان‌دهنده تأثیر مثبت این فاکتورها به‌عنوان منبع کودی هستند. هم‌چنین نتایج ایشان نشان داد که مقدار آهن در ابتدای شبکه با ۰/۴۰ میلی‌گرم در لیتر و انتهای شبکه با ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری ندارد و می‌توان حجم بالای دبی آب رودخانه را عامل یکسانی نسبی آن‌ها دانست. کمترین تغییرات در فاکتور pH دیده می‌شود که می‌توان دلیل آن را مقدار بی‌کربنات موجود در آب رودخانه دانست (شرکت

کلسیم و منیزیم (شاخص  $^{4}KR$ )، محتوای منیزیم کمتر از ۵۰ (شاخص  $^{1}MAR$ ) و سدیم کربنات باقی مانده (شاخص  $^{1}RSC$ ). این شاخص‌ها براساس معادلات ارائه شده در مراجع محاسبه شدند (Todd, 1980; Provin and Pitt, 2002; Arnold and Greenberg, 2013; International Standard, 1996). در نهایت برای بررسی کیفیت نهایی آب رودخانه از نمودارهای کیفیت سنجی آب شامل نمودارهای پایپر و ویلکاکس استفاده شد.

مدنظر بود، لازم بود که ویژگی‌های اندازه‌گیری شده آب به شاخص‌های ارزیابی آبیاری تبدیل شوند. لذا در ادامه شاخص‌های مهم آب آبیاری با استفاده از پارامترهای اندازه‌گیری شده محاسبه و مورد ارزیابی قرار گرفتند. این شاخص‌ها عبارتند از: درصد سدیم محلول (شاخص  $^{4}SSP$ )، نسبت جذب سدیم (شاخص  $^{5}SAR$ )، معیار برآورد اولیه ته‌نشینی کلسیم (شاخص اشباع  $^{6}SI$ )، معیار نفوذپذیری آب در خاک (شاخص  $^{7}PI$ )، نسبت سدیم در برابر



شکل ۱- شمای کلی منطقه مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری.

جدول ۱- مشخصات کلی ایستگاه‌های نمونه‌برداری از رودخانه دز (شرکت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری ناحیه شمال خوزستان، ۱۳۹۶).

| ردیف | نام ایستگاه       | موقعیت                         | ملاحظات                                                                                              |
|------|-------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱    | سد تنظیمی         | ۴/۵ کیلومتری شمال پل قدیم      | ابتدای شبکه آبیاری                                                                                   |
| ۲    | سد انحرافی        | ۶ کیلومتری پایین دست سد تنظیمی | ورود آلودگی به دلیل قرار گرفتن در منطقه گردشگری و تفریحی و وجود بیمارستان                            |
| ۳    | بنه عایش          | شهرک کشت و صنعت کارون          | تمامی آلاینده‌ها و خروجی زهکش‌های کشاورزی که وارد شبکه آبیاری شده‌اند، در نهایت به این نقطه می‌رسند. |
| ۴    | انتهای دز         | -                              | -                                                                                                    |
| ۵    | ایستگاه تاپ درین  | شهرک کشت و صنعت                | نقاط انتهایی شبکه آبیاری است. بدیهی است که منابع آلاینده بسیاری بر آن تأثیرگذار است.                 |
| ۶    | کارون (لوره شوره) | شرق رودخانه دز                 | نقاط انتهایی شبکه آبیاری است. بدیهی است که منابع آلاینده بسیاری بر آن تأثیرگذار است.                 |
| ۷    | سد و کانال عجیروب | شرق رودخانه دز                 | مورد استفاده برای آبیاری محصولات کشاورزی و روستاهای اطراف                                            |
| ۸    | سخری              | شرق رودخانه دز                 | تجمع زباله‌ها، کدورت بالایی در این قسمت ایجاد کرده است.                                              |
| ۹    | شاهور             | غرب دز - شهرستان شوش           | ورود فاضلاب‌های شهری و زهکش‌های کشاورزی                                                              |
| ۱۰   | عتیج              | غرب دز                         | کدورت بالا                                                                                           |
| ۱۱   | سبزآب             | غرب دز                         | -                                                                                                    |
| ۱۲   | هفت‌تپه شماره ۶   | غرب دز                         | در معرض آلودگی‌های صنعتی و زباله‌های ساکنین منازل است.                                               |
| ۱۳   | هفت‌تپه شماره ۹   | غرب دز                         | فاضلاب صنایع به‌طور مستقیم به آن وارد می‌شود.                                                        |
| ۱۴   | بنه حسن           | غرب دز                         | تجمع زباله‌ها                                                                                        |

## ۳- نتایج و بحث

شاخص SI، برآورد اولیه تهنشینی کلسیم بوده است. بنابراین اگرچه یون کلسیم باعث کاهش ضرر سدیم به گیاهان می‌شود، اما مقدار بیش از حد آن تشکیل رسوب داده، که برای تجهیزات آبیاری مشکل ایجاد می‌کند. با توجه به جدول ۲، در ایستگاه‌های عتیج و هفت‌تپه شماره ۶ که یون کلسیم کاتیون غالب بوده، این میزان بیشتر شده است. در حالی که در ایستگاه سبزآب که کلسیم نسبت به سدیم و منیزیم کمتر است، شاهد حل شدن کلسیم کربنات در آب بوده و رسوبی باقی نمی‌ماند، به همین دلیل اعداد در ایستگاه سبزآب منفی شده‌اند. تمامی اعداد RSC، که در جدول ۲ موجود است، منفی بوده و علت آن این است که مقدار بی‌کربنات و کربنات در مقایسه با مقادیر کاتیون‌های کلسیم و منیزیم در آب، کمتر بوده و این عامل منجر به منفی شدن اعداد شده است. البته این حالت بیانگر مناسب بودن آب منطقه برای آبیاری است.

در جدول‌های ۲ و ۳ به ترتیب شاخص‌های کیفیت آب رودخانه دز شامل: SSP، RSC، SI، KR، MAR و PI براساس نتایج به دست آمده از تحلیل نمونه‌ها، در سه نوبت و در ۱۴ ایستگاه به تفکیک ارائه شده است. لازم به ذکر است که شاخص SAR به دلیل استفاده در رسم نمودار ویلکاکس جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که از نتایج مشخص است، شاخص SSP، که بیانگر درصد سدیم محلول بوده برای تمام ایستگاه‌ها در محدوده ۲۰ تا ۴۰ درصد بوده است. به دلیل آن که مقادیر بالاتر از ۱۵٪، باعث کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود، این موضوع موجب افول خواص فیزیکی خاک نمی‌شود. شاخص RSC، میزان سدیم کربنات باقی‌مانده را نشان می‌دهد. در نتایج فوق در تمام ایستگاه‌ها نتایج مناسب و کمتر از ۱/۲۵ مشاهده شده، که باعث می‌شود تا pH آب زیاد قلیائی نشود. قلیائیت زیاد باعث نابرابری گیاهان می‌شود.

جدول ۲- برآورد شاخص‌های SSP، RSC و SI برای ۱۴ ایستگاه رودخانه دز

| شماره ایستگاه | نام ایستگاه | SSP                |                  |                  | RSC                |                  |                  | SI                 |                  |                  |
|---------------|-------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|
|               |             | نوبت ۱ (بدون بارش) | نوبت ۲ (کم بارش) | نوبت ۳ (پر بارش) | نوبت ۱ (بدون بارش) | نوبت ۲ (کم بارش) | نوبت ۳ (پر بارش) | نوبت ۱ (بدون بارش) | نوبت ۲ (کم بارش) | نوبت ۳ (پر بارش) |
| ۱             | سد تنظیمی   | ۳۱/۱۷              | ۳۷/۳۹            | ۳۲/۸۶            | -۱/۷۵              | -۱               | -۱               | ۰/۳۲               | -۰/۳۱            | ۰/۱۳             |
| ۲             | سد انحرافی  | ۳۲/۵۴              | ۳۵/۰۴            | ۴۳/۳۶            | -۱                 | -۱/۲             | -۰/۲             | ۰/۰۵               | -۰/۱۲            | ۰/۳۸             |
| ۳             | انتهای دز   | ۲۷/۶۱              | ۳۷/۹۷            | ۳۸/۶۰            | -۱/۸               | -۱               | -۰/۹             | ۰/۱۶               | -۰/۳             | -۰/۲۸            |
| ۴             | تاپ درین    | ۴۰/۰۰              | ۴۳/۹۷            | ۴۰/۷۲            | -۱/۶               | -۱/۲             | -۲/۱             | ۰/۴۷               | ۰/۱۴             | ۰/۳۳             |
| ۵             | لوره شوره   | ۳۶/۴۲              | ۴۲/۶۶            | ۴۸/۸۸            | -۵/۲               | -۳/۸             | -۲/۲             | ۰/۷                | ۰/۴۵             | ۰/۰۹             |
| ۶             | عجیروب      | ۳۸/۷۳              | ۳۹/۴۷            | ۴۰/۱۲            | -۱/۴               | -۱/۲             | -۱/۲             | ۰/۲۲               | -۰/۱۵            | ۰/۰۷             |
| ۷             | سخیری       | ۲۷/۰۱              | ۳۱/۰۳            | ۳۱/۹۱            | -۱/۲               | -۱/۲             | -۱/۲             | -۰/۱۵              | ۰/۴۷             | ۰/۰۳             |
| ۸             | سلیمه       | ۲۸/۸۹              | ۳۵/۲۶            | ۳۲/۵۲            | -۱/۳               | -۱/۱             | -۱/۲             | ۰/۷۲               | ۰                | -۱/۲             |
| ۹             | شاهور       | ۳۲/۴۸              | ۴۰/۰۹            | ۳۸/۷۱            | -۱/۹               | -۱/۶۰            | -۱/۲             | ۰/۱                | -۰/۰۸            | ۰/۰۹             |
| ۱۰            | عتیج        | ۲۵/۶۹              | ۳۰/۹۱            | ۳۵/۰۱            | -۴/۵               | -۶               | -۴/۴             | ۰/۵۱               | ۰/۷۴             | ۰/۱۹             |
| ۱۱            | سبزآب       | ۳۰/۵۹              | ۳۲/۸۲            | ۳۸/۶۰            | -۱/۳               | -۲/۳۰            | -۱/۵             | -۰/۲۸              | -۰/۲۲            | -۰/۴۳            |
| ۱۲            | هفت‌تپه ۶   | ۱۹/۶۴              | ۲۲/۴۷            | ۲۵/۵۶            | -۷                 | -۷/۳۰            | -۴/۸             | ۰/۵                | ۰/۶۳             | ۰/۴۷             |
| ۱۳            | هفت‌تپه ۹   | ۲۶/۳۸              | ۳۴/۴۵            | ۲۵/۳۲            | -۲/۸               | -۰/۹             | -۰/۷             | ۰/۳۹               | -۰/۳۹            | ۴/۹              |
| ۱۴            | بنه حسن     | ۳۲/۹۳              | ۴۱/۹۴            | ۴۰/۱۶            | -۰/۸               | -۱/۶             | -۱/۱             | ۰/۰۷               | ۰/۱۷             | -۰/۰۷            |

جدول ۳- شاخص‌های KR، MAR و PI برای ۱۴ ایستگاه رودخانه دز

| شماره ایستگاه | نام ایستگاه | KR                 |                  |                  | MAR                |                  |                  | PI                 |                  |                  |
|---------------|-------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|
|               |             | نوبت ۱ (بدون بارش) | نوبت ۲ (کم بارش) | نوبت ۳ (پر بارش) | نوبت ۱ (بدون بارش) | نوبت ۲ (کم بارش) | نوبت ۳ (پر بارش) | نوبت ۱ (بدون بارش) | نوبت ۲ (کم بارش) | نوبت ۳ (پر بارش) |
| ۱             | سد تنظیمی   | ۰/۴۴               | ۰/۵۸             | ۰/۴۷             | ۴۱/۱۸              | ۵۰               | ۵۲/۶۳            | ۳۴/۴۱              | ۳۰/۳۹            | ۳۰/۵۹            |
| ۲             | سد انحرافی  | ۰/۴۷               | ۰/۵۳             | ۰/۷۵             | ۴۷/۰۶              | ۵۲/۶۳            | ۴۳/۷۵            | ۳۲/۵۸              | ۲۹/۸۰            | ۳۳/۳۳            |
| ۳             | انتهای دز   | ۰/۳۷               | ۰/۶              | ۰/۶۱             | ۴۴/۴۴              | ۵۲               | ۴۶/۹۴            | ۲۷/۶۴              | ۲۸               | ۲۸/۳۲            |
| ۴             | تاپ درین    | ۰/۶۵               | ۰/۷۷             | ۰/۶۷             | ۴۳/۳۳              | ۵۰               | ۵۲/۴۶            | ۲۵/۰۹              | ۲۵/۷۴            | ۲۳/۷۱            |
| ۵             | لوره شوره   | ۰/۵۶               | ۰/۷۳             | ۰/۹۲             | ۴۳/۷۵              | ۴۸/۷۸            | ۵۰               | ۱۹/۳۸              | ۲۰/۷۷            | ۲۲/۵۶            |
| ۶             | عجیروب      | ۰/۶۲               | ۰/۶۴             | ۰/۶۶             | ۴۲                 | ۴۸               | ۴۸               | ۲۶/۵۲              | ۲۷               | ۲۶/۷۹            |
| ۷             | سخیری       | ۰/۳۶               | ۰/۴۴             | ۰/۴۶             | ۴۴                 | ۵۲               | ۴۵/۸۳            | ۳۰/۴۷              | ۲۹/۲۷            | ۲۹/۳۱            |
| ۸             | سلیمه       | ۰/۴                | ۰/۵۳             | ۰/۴۶             | ۴۳/۷۵              | ۴۹               | ۴۸               | ۲۹/۴۲              | ۲۸/۸۵            | ۲۹               |
| ۹             | شاهور       | ۰/۴۷               | ۰/۶۵             | ۰/۶۱             | ۴۷/۱۷              | ۵۰               | ۴۸/۱۵            | ۲۶/۱۴              | ۲۵/۴۶            | ۲۶/۸۶            |
| ۱۰            | عتیج        | ۰/۳۴               | ۰/۴۴             | ۰/۵۳             | ۴۵/۷۸              | ۴۶/۴۳            | ۴۵               | ۲۰/۳۶              | ۱۹/۰۶            | ۱۹/۷۵            |
| ۱۱            | سبزآب       | ۰/۴۳               | ۰/۴۸             | ۰/۶۱             | ۴۰/۸۲              | ۴۴/۲۶            | ۴۶/۹۴            | ۲۹/۲۱              | ۲۴/۵۶            | ۲۶/۳۴            |
| ۱۲            | هفت‌تپه ۶   | ۰/۲۴               | ۰/۲۸             | ۰/۳۳             | ۴۵/۲۸              | ۴۳/۵۹            | ۶۸/۸۹            | ۱۷                 | ۱۷/۲۸            | ۲۰/۰۸            |
| ۱۳            | هفت‌تپه ۹   | ۰/۳۵               | ۰/۵۱             | ۰/۳۲             | ۴۳/۳۳              | ۴۴/۱۹            | ۶۸/۲۹            | ۲۴/۱۸              | ۳۰/۵۷            | ۲۱/۱۲            |
| ۱۴            | بنه حسن     | ۰/۴۸               | ۰/۷۱             | ۰/۶۴             | ۴۳/۱۸              | ۴۸/۲۸            | ۴۶/۶۷            | ۳۱/۲۹              | ۲۴/۸             | ۲۷/۸۲            |

شاخص KR، مربوط به نسبت سدیم در برابر کلسیم و منیزیم است. این مقدار باید کمتر از یک بوده تا ضرر سدیم برای گیاهان کم باشد و در مورد ۱۴ ایستگاه این چنین است. شاخص MAR، یا همان محتوای منیزیم کمتر از ۵۰ مناسب است. مقدار بیش از حد مجاز فقط در چند مورد دیده شده است. در ایستگاه‌های هفت‌تپه شماره ۶ و ۹، سد تنظیمی، انتهای دز و سخیری، چون این افزایش در فصل بارندگی رخ داده احتمالاً به علت حل شدن املاح خاک‌ها در بالادست سد، در سرچشمه‌ی آن یعنی کوه‌ها بوده است.

شاخص PI، معیار نفوذپذیری آب در خاک بوده که نباید کمتر از ۲۵٪ باشد. البته حد مطلوب آن بالای ۷۵٪ است. از آنجایی که این شاخص تحت تأثیر TDS، سدیم و بی‌کربنات است و در

بیشتر ایستگاه‌ها مقادیر بالای بی‌کربنات و TDS مشاهده و میزان سدیم در اغلب موارد کاتیون غالب بود، لذا هیچ‌یک از ایستگاه‌ها نفوذپذیری مطلوب را ندارد. ولی به‌جز ایستگاه‌های عتیج، لوره شوره و هفت‌تپه شماره ۶ که در تمام نوبت‌ها زیر حد استاندارد بودند، بقیه ایستگاه‌ها برای کشاورزی مناسب هستند. نکته قابل‌توجه این است که آن‌چه در تمام ایستگاه‌ها مشترک بوده سختی آب منطقه است که از ابتدای شبکه تا انتهای آن مشاهده می‌شود. نتایج تحلیل فلزات سنگین در ایستگاه‌های منتخب در جدول ۴ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد تمام فلزات سنگین در محدوده مجاز قرار دارند و محدودیتی برای آبیاری ایجاد نمی‌کنند. در شکل‌های ۲-الف و ۲-ب به‌ترتیب مقادیر هدایت الکتریکی و SAR در ایستگاه‌های مختلف را نمایش می‌دهد.

جدول ۴- نتایج آنالیز فلزات سنگین در ایستگاه‌های منتخب

| فلزات سنگین     | As (µg/L)                   | Pb (µg/L) | Cd (µg/L) | Hg (µg/L) | Cr (mg/L) | Ni (mg/L) | Cu (mg/L) | B (mg/L) | Zn (mg/L) |
|-----------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| حد مجاز*        | ۱۰۰                         | ۵         | ۱۰        | ۱         | ۰/۱       | ۰/۲       | ۰/۲       | ۲-۱۰     | ۲         |
| ایستگاه         | مقادیر غلظت اندازه‌گیری شده |           |           |           |           |           |           |          |           |
| سخیری           | ۵۶                          | ۳         | <۱        | <۰/۵      | ۰/۰۷      | ۰/۰۰۱     | ۰/۰۱      | ۲/۲      | ۰/۸       |
| هفت‌تپه شماره ۹ | ۵۱                          | ۳         | <۱        | <۰/۵      | ۰/۰۳      | ۰/۰۰۱     | ۰/۰۱      | ۲/۳      | ۰/۳۵      |
| هفت‌تپه شماره ۶ | ۳۹                          | ۲         | <۱        | <۰/۵      | ۰/۰۷      | ۰/۰۰۱     | ۰/۰۱      | ۰/۴      | ۰/۵       |
| لوره شوره       | ۴۳                          | ۲         | <۱        | <۰/۵      | ۰/۰۳      | ۰/۰۰۱     | ۰/۰۴      | ۲/۱      | ۰/۷       |

\* برای فلزات سنگین حد مجاز براساس استاندارد بین‌المللی سازمان فائو بررسی شده است (Ayers and Westcot, 1994).

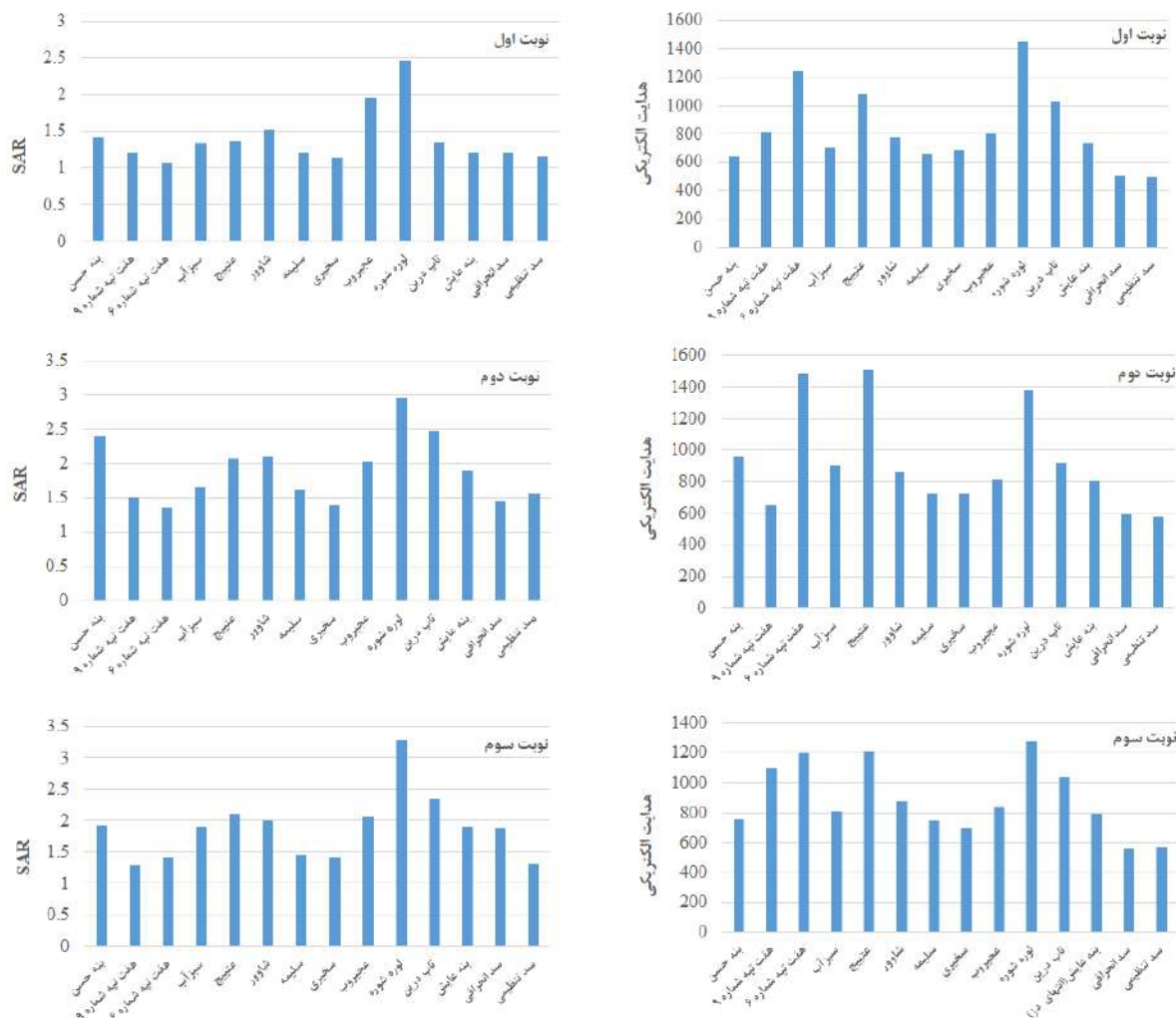
با توجه به نتایج شکل ۲، هدایت الکتریکی در ایستگاه لوره شوره با تغییر فصل و افزایش بارندگی به‌تدریج کم شده است، ولی میزان SAR در این ایستگاه و ایستگاه‌های سبزآب و سد انحرافی با افزایش بارندگی بیشتر شده، اما در بقیه ایستگاه‌ها تقریباً بدون تغییر مانده است.

ایستگاه‌های عتیج، هفت‌تپه شماره ۶ و لوره شوره جزء بدترین نقاط و سد تنظیمی و انحرافی بهترین نقاط هستند. این نتیجه دور از انتظار نیست، چون همان‌طور که قبلاً مطرح شد، ایستگاه هفت‌تپه شماره ۶ به واسطه قرارگرفتن در یک شهرک صنعتی و همجواری با منازل سازمانی شرکت، قطعاً دستخوش آلودگی‌های بسیار بوده است. لوره شوره در یک منطقه با زمین نمکی قرار دارد که همین عامل باعث شوری بیش از حد این آب شده است. برای بررسی کیفیت نهایی آب رودخانه دز برای مصارف آبیاری، نتایج بر روی نمودارهای پایپر (شکل‌های ۳ و ۴) و ویلکاکس (شکل ۵) ارائه شده‌اند. برای اختصار، این نمودارها تنها برای دو نوبت اندازه‌گیری ارائه شده‌اند.

دیگرام ویلکاکس براساس مقادیر هدایت الکتریکی املاح محلول در آب و نسبت سدیم قابل جذب آب، قادر به طبقه‌بندی آب در کلاس‌های متفاوت است. از نمودار پایپر برای دسته‌بندی

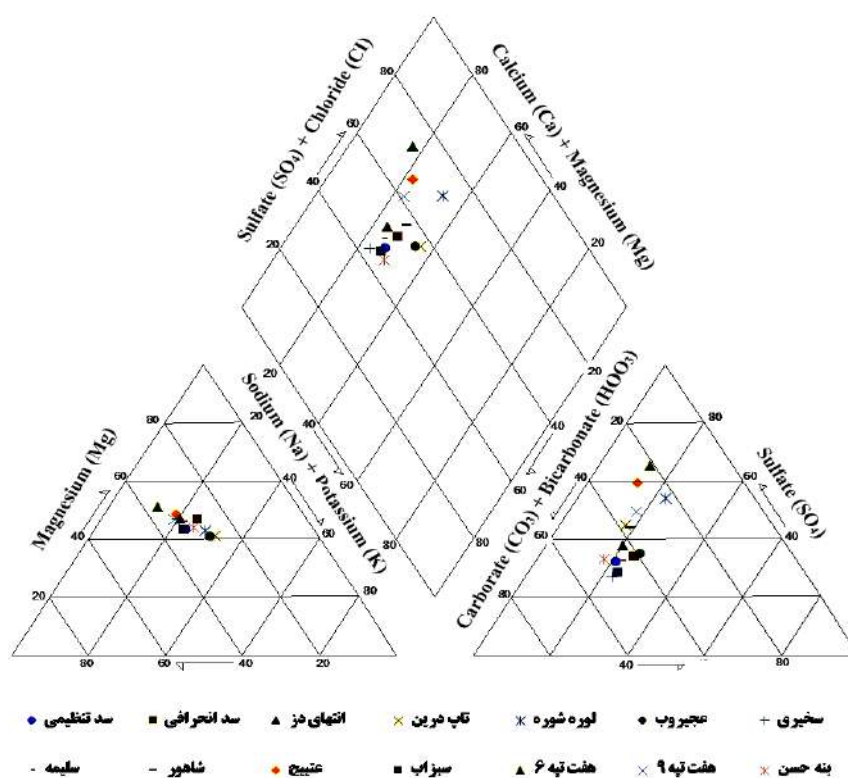
نمونه‌ها و تعیین تیپ شیمیایی آب استفاده می‌شود. مقدار کل آنیون‌ها و کاتیون‌ها، ۱۰۰ درنظر گرفته می‌شود، درصد یون‌ها روی مثلث‌های کناری علامت‌گذاری شده و نقاط متناظر روی مثلث‌های کناری بر روی لوزی میانی تصویر می‌شوند. در نهایت قضاوت در مورد تیپ کیفی آب توسط نمودار پایپر با توجه به منطقه تمرکز نقاط انجام می‌شود (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۲). با توجه به نمودارها مشاهده می‌شود که تمام نقاط در دسته S1C2 و S1C3 واقع شده‌اند که از نظر میزان سدیم کم‌خطر ولی از نظر هدایت الکتریکی در محدوده‌ی خطر متوسط و زیاد قرار می‌گیرند. از نظر EC و با توجه به نمودار ویلکاکس شوری آب‌ها در بدترین حالت در دسته‌ی C3 قرار می‌گیرد که با محدودیت‌های جزئی برای کلیه کشت‌ها قابل استفاده هستند. از نظر SAR به‌دلیل آهکی بودن اراضی منطقه و دبی بالای زهکش‌ها، آب از ابتدای شبکه تا انتهای شبکه در دسته S1 باقی می‌ماند و بدون هیچ محدودیتی می‌توان آن‌را برای تمامی کشت‌ها مورد استفاده قرار داد. از نمودار پایپر در خصوص کیفیت شیمیایی آب به این نکته پی‌برده می‌شود که در کل منطقه، عناصر قلیائی خاکی بر عناصر قلیائی غالب است.





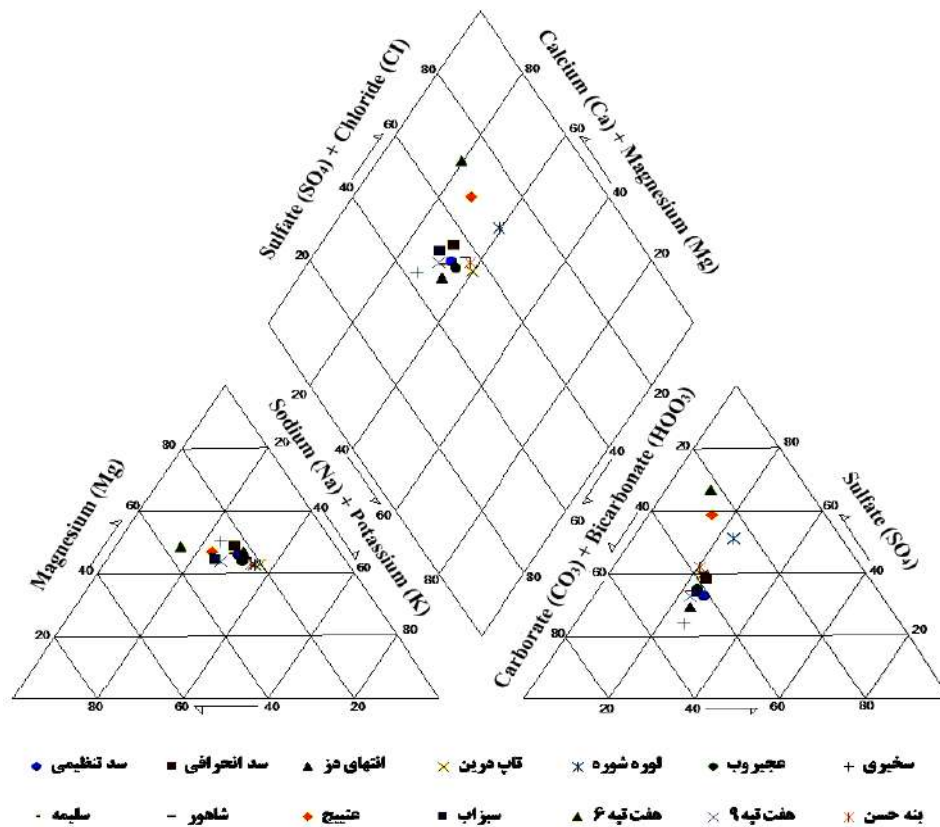
شکل ۲- مقایسه روند تغییرات پارامترهای هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی متر) و SAR (بدون بعد) در تمام ایستگاه‌ها در سه نوبت

### نوبت اول



شکل ۳- نمودار پایپر مربوط به رودخانه دز براساس اطلاعات نوبت اول اندازه‌گیری

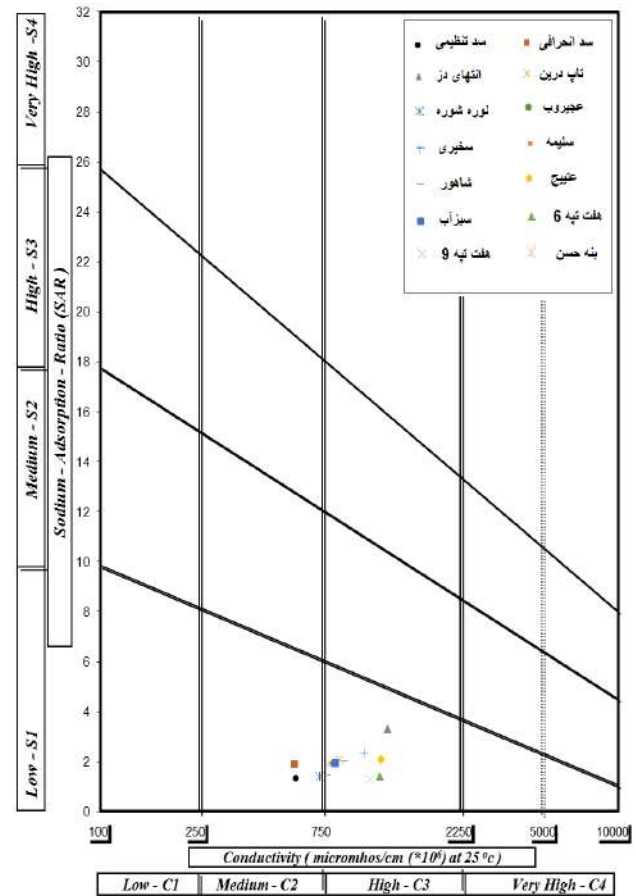
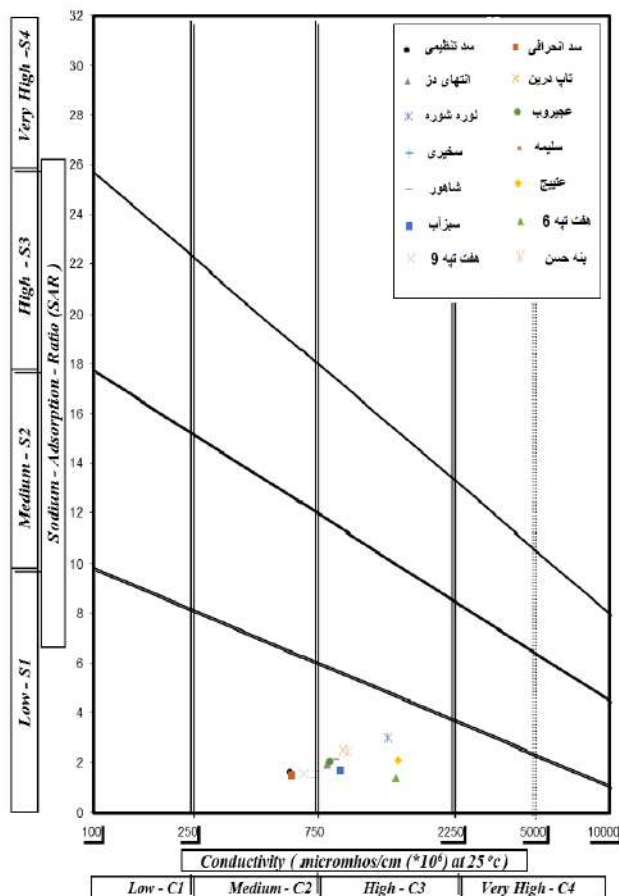




شکل ۴- نمودار پایپر مربوط به رودخانه دز براساس اطلاعات نوبت دوم اندازه گیری

نوبت دوم

نوبت اول



شکل ۵- نمودار ویلکاکس مربوط به رودخانه دز براساس اطلاعات دو نوبت اندازه گیری

در بیشتر ایستگاه‌ها یون بی‌کربنات و در برخی ایستگاه‌ها مثل لوره شوره و عتیج و هفت‌تپه شماره ۶ یون سولفات و منیزیم در ترکیب کل جامدات محلول نقش تأثیرگذارتری دارند. در انتهای دز میزان کادمیم  $0.3 \text{ mg/L}$  بوده است. با توجه به میزان کادمیم در ایستگاه عجیروب ( $0.2 \text{ mg/L}$ ) و ختم شدن انتهای این مسیر به انتهای دز می‌توان پیش‌بینی کرد که بیشترین سهم کادمیم از این مسیر بوده، که ممکن است به‌علت حضور شهرک صنعتی یا استفاده از کودهای فسفاته در منطقه مجاور عجیروب باشد. البته یک راه دیگر افزایش کادمیم زباله است که در بازدیدهای میدانی در این ایستگاه مشاهده شده است. مقدار کادمیم ممکن است به‌علت حضور زباله‌های مشاهده شده در آنجا و دبی کم نیز باشد. از میان فلزات سنگین فقط چند مورد دارای کادمیم بیش از حد مجاز بوده است. این فلز سنگین به روش آمونیوم مولیبدات / آمونیوم وانادات و تولید کمپلکس زرد رنگ ( $30$  دقیقه بعد از افزودن محلول) به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج  $470$  نانومتر اندازه‌گیری شد. به‌علت استفاده از کودهای فسفاته و یا وجود شهرک صنعتی در انتهای رودخانه دز، افزایش میزان کادمیم در این منطقه مشاهده می‌شود. با حضور کادمیم در این منطقه در فصل خشک سال باید از کشت‌های حساس به کادمیم مانند کاهو و سبزیجات خودداری کرد و دانه‌هایی مانند ذرت، جو و گندم را مدنظر قرار داد که تجمع کادمیم در آن‌ها بسیار کم است.

#### ۴- نتیجه‌گیری

در مقاله حاضر، کیفیت آب منطقه دز که جزء شریان‌های اصلی آبیاری و تولید محصولات کشاورزی کشور بوده، مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این مطالعه ابتدا در سه نوبت (بدون بارش، کم بارش و پر بارش) و در  $14$  ایستگاه (شامل  $3$  ایستگاه در رودخانه دز،  $5$  ایستگاه شرقی و  $6$  ایستگاه غربی) نمونه‌برداری انجام شد. سپس شاخص‌های مهم آب آبیاری با استفاده از پارامترهای اندازه‌گیری شده محاسبه و مورد ارزیابی قرار گرفت. این شاخص‌ها عبارتند از: SSP, SAR, SI, PI, KR, MAR و RSC. در نهایت برای بررسی کیفیت نهایی آب رودخانه از نمودارهای کیفیت سنجی آب شامل نمودارهای پایپر و ویلکاکس استفاده شد. همان‌طور که از نتایج مشخص است، شاخص SSP، که بیانگر درصد سدیم محلول بوده برای تمام ایستگاه‌ها در محدوده  $20$  تا  $40$  درصد بوده است. این شاخص برای تمام نمونه‌ها بالای  $15\%$  به‌دست آمد. از آنجایی که بالاتر رفتن از این حد به کاهش نفوذپذیری در خاک می‌انجامد، لذا در هیچ‌کدام از نمونه‌ها حد ایده‌آل نفوذپذیری وجود ندارد.

نتایج نشان داد که شاخص RSC در تمام ایستگاه‌ها مناسب

و کمتر از  $1/25$  بوده است، که باعث می‌شود تا pH آب زیاد قلیائی نشود. اعداد محاسبه شده برای RSC، منفی به‌دست آمده و علت آن این است که مقدار بی‌کربنات و کربنات در مقایسه با مقادیر کاتیون‌های کلسیم و منیزیم در آب، کمتر بوده است. شاخص SI، در ایستگاه‌های عتیج و هفت‌تپه شماره ۶ که یون کلسیم کاتیون غالب بوده، بیشتر شده است. شاخص KR، مربوط به نسبت سدیم در برابر کلسیم و منیزیم است. این مقدار در مورد  $14$  ایستگاه کمتر از یک بوده است. شاخص MAR، یا همان محتوای منیزیم در چند مورد بیشتر از حد مجاز (حد مجاز  $50$ ) دیده شده است. شاخص PI، که معیار نفوذپذیری آب در خاک بوده که نباید کمتر از  $25\%$  باشد. از آنجایی که این شاخص تحت تأثیر TDS، سدیم و بی‌کربنات است و در بیشتر ایستگاه‌ها مقادیر بالای بی‌کربنات و TDS مشاهده و میزان سدیم در اغلب موارد کاتیون غالب بود، لذا هیچ یک از ایستگاه‌ها نفوذپذیری مطلوب ندارد. ولی به‌جز ایستگاه‌های عتیج، لوره شوره و هفت‌تپه شماره ۶ که در تمام نوبت‌ها زیر حد استاندارد بودند، بقیه ایستگاه‌ها برای کشاورزی مناسب هستند. شایان‌ذکر است که هدایت الکتریکی در ایستگاه لوره شوره با تغییر فصل و افزایش بارندگی به‌تدریج کم شده است. ولی میزان SAR در این ایستگاه و ایستگاه‌های سبزاب و سد انحرافی با افزایش بارندگی بیشتر شده، اما در بقیه ایستگاه‌ها تقریباً بدون تغییر مانده است. ایستگاه‌های عتیج، هفت‌تپه شماره ۶ و لوره شوره جزء بدترین نقاط و سد تنظیمی و انحرافی بهترین نقاط شناخته شده‌اند.

نتایج نمودارهای پایپر و ویلکاکس نشان می‌دهد که تمام نقاط در دسته S1C2 و S1C3 واقع شده‌اند که از نظر میزان سدیم کم‌خطر ولی از نظر هدایت الکتریکی در محدوده خطر متوسط و زیاد قرار می‌گیرند. هم‌چنین برای کنترل میزان فلزات سنگین از جمله کادمیم که در برخی موارد بیشتر از حد مجاز است، راه‌کارهای لازم مورد نظر قرار گرفت. از جمله این راه‌کارها، روش‌های بررسی و عملکرد تثبیت فلزات سنگین توسط خاک رس در خاک‌های آلوده هستند. خاک رس به‌دلیل خاصیت هیدراته شدن می‌تواند مواد آلی و غیر آلی را در ساختمان خود جذب نماید. راه‌کار دیگر استفاده از روش حذف آلودگی محیطی با استفاده از گیاهان بوده که امروزه بسیار مورد توجه اکولوژیست‌ها قرار دارد. به‌دلیل وجود زباله در آن مناطق، میزان کادمیم افزایش پیدا کرده، که یکی از راه‌کارهای کاهش میزان کادمیم، جمع‌آوری زباله‌های موجود در آن مناطق بوده است. هم‌چنین با توجه به شاخص SI و رسوب کلسیم کربنات ممکن است در استفاده از آب‌پاش‌ها روی سطوح گیاهان یک لایه سفید رنگ ایجاد شود. این امر در دراز مدت می‌تواند در سیستم آبیاری نیز مشکل ایجاد کند.

International Standard (IS), (1996), *Water quality-determination of arsenic-atomic absorption-spectrometric method (hydride technique)*, ISO 11969, Wiley, USA.

Provin, T.L., and Pitt, J.L., (2002), "Description of water analysis parameters", Texas A&M Agrilife Extension.

Todd, D.K., (1980), *Groundwater hydrology*, 2<sup>nd</sup> Ed., John Wiley and Sons, New York, p. 535.

- 1- EC: Electric Conductivity
- 2- TDS: Total Dissolved Solids
- 3- TH: Total Hardness
- 4- SSP: Soluble Sodium Percentage
- 5- SAR: Sodium Adsorption Ratio
- 6- SI: Saturation Index
- 7- PI: Permeability Index
- 8- KR: Kelly's Ratio
- 9- MAR: Magnesium Adsorption Ratio
- 10- RSC: Residual Sodium Carbonate

## ۶- مراجع

پاک‌نژاد، ع.، میرزا شاهی، ک.، و سلیم‌پور، س.، (۱۳۹۰)، "بررسی پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از مصرف آلاینده‌های کشاورزی بر کیفیت آب زهکش‌های شبکه آبیاری دز"، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، وزارت جهاد کشاورزی.

پورم، ج.، (۱۳۹۵)، "اندازه‌گیری یون پتاسیم"، سایت بهداشت محیط ایران، مشاهده شده در [environmentalhealth.ir](http://environmentalhealth.ir).

پورم، ج.، (۱۳۹۵)، "اندازه‌گیری یون سدیم"، سایت بهداشت محیط ایران، مشاهده شده در [environmentalhealth.ir](http://environmentalhealth.ir).

سلیمانی ساردو، م.، ولی، ع.، قضاوی، ر.، و سعیدی گراغانی، ح.، (۱۳۹۲)، "آنالیز و روندیابی پارامترهای کیفیت شیمیایی آب؛ مطالعه موردی رودخانه چمن‌انجیر خرم آباد"، فصلنامه علمی و پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، ۳(۱۲)، ۹۵-۱۰۶.

شرکت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری ناحیه شمال خوزستان، (۱۳۹۶)، "شبکه آبیاری دز"، مشاهده شده در [dezco.ir](http://dezco.ir).

شرکت مهندسی آبرام، آزمایشگاه آب و فاضلاب، (۱۳۹۵)، "آزمایش اندازه‌گیری پتاسیم آب"، مشاهده شده در [abram-lab.ir](http://abram-lab.ir).

شرکت مهندسی آبرام، آزمایشگاه آب و فاضلاب، (۱۳۹۵)، "آزمایش کلسیم و منیزیم آب با EDTA"، مشاهده شده در [abram-lab.ir](http://abram-lab.ir).

کارگروه حفاظت کیفی رودخانه دز، (۱۳۹۵)، "معرفی حوضه آبریز رودخانه دز"، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، مشاهده شده در [jsu.ac.ir](http://jsu.ac.ir).

کمیسیون فنی تدوین استاندارد، (۱۳۸۶)، "فولاد و آهن-اندازه‌گیری مقدار آرسنیک روش اسپکتروفتومتری"، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، چاپ اول.

Arnold, E., and Greenberg, E., (2013), *Standard methods for the examination of water and wastewater*, Vol. 4. SMWW. 3111B, 3112B, 3113B, 3114, American Public Health Association, New York.

Ayers, R.S., and Westcot, D.W., (1994), *Water quality for agriculture, miscellaneous problems*, Food and Agriculture Organization of the United Nations,

Research Paper

مقاله پژوهشی

**Synthesis and Efficiency Evaluation  
Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>@SiO<sub>2</sub> Nanoparticle in Acid Blue 92  
Removal from Aqueous Solutions:  
Equilibrium and Kinetic Studies**

Zohre Aramesh<sup>1</sup>, Somayeh Rahdar<sup>2</sup>, Shahin  
Ahmadi<sup>2</sup>, Hojat Shahraki<sup>1</sup> and Abbas Rahdar<sup>3\*</sup>

1- M.Sc. Student, School of Health, Zabol  
University of Medical Sciences, Zabol, Iran

2- B.Sc. Student of Environmental Health,  
Department of Environmental Health, Zabol  
University of Medical Sciences, Zabol, Iran.

3- Department of Physics, University of Zabol,  
Zabol, Iran.

\* Corresponding author, Email:  
[a.rahdarnanophysics@gmail.com](mailto:a.rahdarnanophysics@gmail.com)

Received: 01/01/2019

Revised: 06/01/2020

Accepted: 02/02/2020

**سنتز و ارزیابی کارایی نانوذره اکسید آهن پوشش  
داده شده با SiO<sub>2</sub> در حذف رنگ اسید بلو ۹۲ از  
محلول‌های آبی: مطالعه سینتیک و ایزوترم**

زهره آرامش<sup>۱</sup>، سمیه رهدار<sup>۲</sup>، شهین احمدی<sup>۲</sup>، حجت  
شهرکی<sup>۱</sup> و عباس رهدار<sup>۳\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی مهندسی بهداشت محیط، دانشکده  
بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زابل، زابل، ایران.

۲- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، عضو هیات علمی  
دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی زابل، زابل، ایران.

۳- عضو هیات علمی، گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه زابل،  
زابل، ایران.

\* نویسنده مسئول، ایمیل: [a.rahdarnanophysics@gmail.com](mailto:a.rahdarnanophysics@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۱

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۸/۱۰/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۳

Abstract

Dyes are one of the most important existing pollutants in textile industrial wastewater. They are often toxic, carcinogenic, teratogenic, and non-biodegradable. So the aim of this study was synthesis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>@SiO<sub>2</sub> nanoparticle and using it as adsorbent for the removal of acid blue 92 from aqueous solutions. In this study, the electrochemical method for synthesis nanoparticle was used and characteristics of nanoparticle were analyzed by SEM (Scanning electron microscopy) technique. In this study, the effect of the pH (2-11), contact time (20-150 min), nanoparticle dosage (0.02-0.14 g/L) and concentration of dye (20-120 mg/L) was investigated by one factor at the time method and then was optimized. The pH equal to 2, contact time of 40 min, and absorbent of 0.08 g/l was obtained as experimental data correlate to the pseudo-second order kinetic ( $R^2=0.995$ ) and Dubinin-Radushkevich adsorption isotherm model ( $R^2=0.989$ ). In optimal conditions, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>@SiO<sub>2</sub> nanoparticle has well potential to quickly and effectively remove dye and simply be separated from the solution by the magnet due to its magnetic property.

**Keywords:** Acid blue 92, Adsorption isotherm, Aqueous solution, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>@SiO<sub>2</sub> nanoparticle, Kinetic

چکیده

رنگ‌ها یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های فاضلاب نساجی بوده که سمی، سرطان‌زا، جهش‌زا و غیرقابل تجزیه بیولوژیک هستند. بنابراین هدف از مطالعه حاضر سنتز نانوذره Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>@SiO<sub>2</sub> و کاربرد آن در حذف رنگ‌زای اسید بلو ۹۲ از محلول‌های آبی و تعیین ایزوترم و سینتیک جذب است. در این مطالعه از روش الکتروشیمیایی برای سنتز نانوذره Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>@SiO<sub>2</sub> استفاده شد. ویژگی جاذب با تکنیک میکروسکوپ الکترونی عبوری (SEM) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تاثیر pH (۲-۱۱)، زمان تماس (۲۰-۱۵۰ دقیقه)، دوز نانوذره (۰/۰۲-۰/۱۴ گرم بر لیتر) و غلظت‌های مختلف رنگ (۲۰-۱۲۰ میلی گرم بر لیتر) بررسی و بهینه‌سازی شدند. pH برابر با ۲، زمان تماس ۹۰ دقیقه، دوز نانوذره ۰/۱ گرم بر لیتر به عنوان شرایط بهینه برای حذف رنگ حاصل شد. بررسی معادلات سینتیک و ایزوترم نشان داد که داده‌های تجربی فرایند جذب رنگ به ترتیب با شبه درجه دوم ( $R^2=0.995$ ) و مدل دوبینین-رادوشکویچ ( $R^2=0.989$ ) همبستگی داشت. در شرایط بهینه، نانوذره Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>@SiO<sub>2</sub> پتانسیل و کارایی موثری را در حذف رنگ دارد و به دلیل خاصیت مغناطیسی، جداسازی آن از محلول آبی ساده و سریع‌تر است.

**کلمات کلیدی:** اسید آبی ۹۲، نانو ذره Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>@SiO<sub>2</sub>، سینتیک، ایزوترم جذب، محلول آبی



در میان فرآیندهای بیان شده، فرایند جذب به عنوان تکنولوژی با بهره برداری بالا و آسان، سادگی در طراحی و کارایی موثر و احیای مجدد و اقتصادی در حذف آلاینده ها بوده و باعث ایجاد آلودگی ثانویه نمی شود (Rahdar et al., 2019). اخیراً توجه زیادی به بررسی حذف رنگ ها و پیگمنت ها از پساب صنایع و فاضلاب توسط نانوذرات به دلیل وجود تخلخل وسایتهای فعال بر روی ساختار ذرات که باعث تسهیل در پخش آلاینده های آلی بر روی سطح و منافذ نانوذرات می شود شده است (Abou-Gamra and Ahmeed, 2015). نانوذرات واکنش پذیری و توانایی جذب بالایی در حذف آلاینده ها نسبت به مواد با اندازه معمولی دارند که این ویژگی ظرفیت جذب آلاینده را به شدت افزایش می دهد. نانوذره کاربردی دارای آهن و سیلیس است که به فراوانی یافت می شود، غیر سمی بوده و واکنش پذیری سریع دارند (عبدالله زاده و همکاران، ۱۳۹۵). علاوه بر این، نانوذره مغناطیسی سطح بالاتری از سایت های فعال را برای جذب به خود اختصاص می دهند و پوشش نانوذرات با دی اکسید سیلیسیم باعث می شود که نانوذرات به هم آمیخته نشوند (Park et al., 2004).

امروزه تحقیقات زیادی در استفاده از نانوذرات متفاوتی در حذف رنگ ها از فاضلاب صنایع در حال انجام است. به طور نمونه تحقیق Khalighi et al. (2012) نشان داد که بیشترین حذف رنگ اسید بلو ۹۲ توسط نانوذره اکسید نیکل در pH برابر ۲، غلظت اولیه ۵۰ میلی گرم بر لیتر و دوز نانو ذره ۰/۱ گرم و زمان تماس ۹۰ دقیقه معادل ۹۵/۲۱٪ (۴۷/۶۱ mg/g) بود. باقرپور سرد صحرا (۱۳۹۴) حذف رنگ اسید آبی ۹۲ با استفاده از نانوذرات سرامیکی ZnLaAlO<sub>4</sub> را انجام دادند که با افزایش دوز جاذب افزایش حذف رنگ مشاهده شد و حذف رنگ از سینتیک جذبی شبه مرتبه دوم و از ایزوترم لانگمویر تبعیت می کرد. با مقدار pH برابر ۲/۵، دوز جاذب ۰/۰۳ گرم و غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر، بیشترین ظرفیت جذب معادل ۱۴۲۸/۵۷ mg/g مشاهده شد (باقرپور سرد صحرا و همکاران، ۱۳۹۴). بنابراین هدف از این مطالعه، سنتز نانوذرات Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>@SiO<sub>2</sub> و کاربرد آن در حذف رنگ زای اسید بلو ۹۲ از محلول های آبی و تعیین ایزوترم و سینتیک جذب رنگ است.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- مشخصه یابی فیزیکی نانوذرات

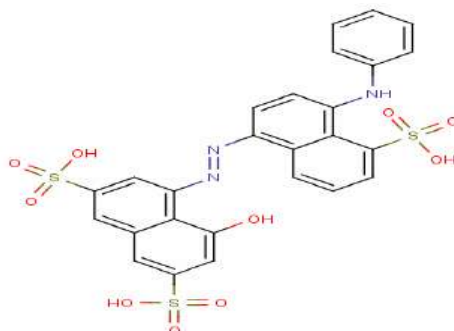
از دستگاه SEM (مدل Mira 3-XMU) برای مطالعه ریخت شناسی نانوذرات استفاده شد. برای مطالعه خواص مغناطیسی نانوذرات نیز از دستگاه VSM (شرکت مغناطیس دقیق کویر، ایران) استفاده شد.

نگرانی زیادی درباره زائدات صنایع از جمله صنایع نساجی وجود دارد، زیرا حجم بالایی از فاضلاب را که حاوی رنگ های سمی، pH بالا، COD بالا و ترکیبات مقاوم در برابر تجزیه هستند تولید می کنند (Rahdar et al., 2019) متداول ترین رنگ های کاربردی راکتیو، دیسپرس، اسیدی و مستقیم است که در غلظت های پایین سمی بوده و حلالیت بالایی در منابع آبی داشته و در صنایع گوناگون مثل غذایی، چرم لاستیک و پلاستیک، خانگی، جوهرها و مواد شوینده کاربرد دارند (علی دادی و همکاران، ۱۳۹۳). میزان مصرف رنگ در صنایع نساجی دنیا بیش از ۱۰۰۰۰ تن در سال تخمین زده می شود و ۱ تا ۵ درصد از رنگ ها در طی فرآیند وارد فاضلاب می شود (رضایی مفرد و همکاران، ۱۳۹۲). ورود مولکول های رنگ های سنتتیک به منابع آبی باعث تهدید محیط زیست و سلامت عمومی انسان ها شده است و تخلیه فاضلاب های صنایع نساجی حتی در غلظت های خیلی پایین به منابع آبی باعث کاهش نفوذ نور خورشید و اختلال در فتوسنتز، بروز پدیده اتروفیکاسیون و تداخل در اکولوژی آب های پذیرنده شده و برای حیات آبریان سمی بوده و جنبه زیبا شناختی دارد (علی دادی و همکاران، ۱۳۹۳; Ahmadi et al., 2019).

رنگ ها به دلیل تحریک پوست، چشم و سیستم تنفسی برای انسان ها و حیوانات مضر هستند (Kaur and Kaur, 2014) و باعث سمیت در سیستم های تنفسی و کاهش باروری در انسان ها می شود (Srivastava et al., 2004). علاوه بر این، مواد شیمیایی موجود در پساب های رنگی سمی بوده و باعث سرطان زایی، جهش زا یی و یا ترانژنیک در گونه های بیولوژیکی و آبریان شده است (Alizadeh et al., 2014). بنابراین ضروری است که فاضلاب این صنایع مورد تصفیه قرار گیرند. تکنیک های زیادی برای حذف رنگ از پساب صنایع کاربرد گسترده دارند از جمله تجزیه بیولوژیکی، فلوکولاسیون و کوآگولاسیون، اکسیداسیون شیمیایی، اسمز معکوس، فیلترهای غشایی، اکسیداسیون الکتروشیمیایی و اکسیداسیون پیشرفته. فرایند انعقاد مقدار زیادی از لجن را تولید می کند که منجر به هزینه های بالای دفع می شود (Rahdar, 2015; Bazrafshan et al., et al., 2019a).

فرایند تبادل یونی برای طیف وسیعی از رنگ ها قابل استفاده نبوده و گران قیمت است (Srivastava et al., 2016). فرایند ممبران غشایی نیز در حذف رنگ موثر است اما به دلیل سرمایه گذاری بالا و ضایعات، کاربرد آن محدود شده و راهبری آن نیاز به نیروی متخصص دارد. فرایند تجزیه بیولوژیکی به دلیل دامنه وسیع pH و غلظت بالای رنگ و سمی بودن برای تصفیه بیولوژیکی موثر نیست. همچنین فرایند اکسیداسیون - احیا نیز نیاز به تزریق مواد شیمیایی اضافی دارد که در نتیجه باعث آلودگی

در این تحقیق نانوذرات با استفاده از روش (Taimoory et al., 2018) سنتز شدند. مطالعه حاضر یک مطالعه تجربی در مقیاس آزمایشگاهی بود که در سیستم ناپیوسته اثر pH (۳، ۵، ۷، ۹، ۱۱، ۱۳)، زمان تماس (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ دقیقه)، دوز نانوذره (۰/۱۴، ۰/۱۲، ۰/۱، ۰/۰۸، ۰/۰۶، ۰/۰۵، ۰/۰۳، ۰/۰۲ گرم



شکل ۱- ساختار رنگ اسید بلو ۹۲

که  $C_0$  و  $C_e$ : به ترتیب غلظت‌های اولیه و تعادلی رنگ در فاز مایع برحسب (mg/l)،  $V$ : حجم محلول (L) و  $M$ : مقدار جاذب مورد استفاده (g) هستند (Bazrafshan et al., 2015).

ایزوترم‌های جذب به توصیف چگونگی توزیع رنگ بین فاز جذب شونده و جاذب کمک می‌کند و معیاری از موقعیت تعادل در فرایند جذب است. مدل‌های ایزوترم زیادی برای تحلیل داده‌های تجربی و توصیف تعادل در جذب مانند لانگمویر، فروندلیچ، دوبینین-رادوشکویچ و تمکین وجود دارد. این مدل‌ها دیدگاهی راجع به مکانیسم جذب، خواص سطحی، تمایل جاذب و توصیف داده‌های تجربی جذب را ارائه می‌دهند. بنابراین، ایجاد یک ارتباط مناسب بین شکل‌های تعادل برای بهینه نمودن شرایط و طراحی سیستم‌های جذب بسیار حائز اهمیت است. سپس داده‌های حاصل از فرایند جذب با ایزوترم‌های فروندلیچ، لانگمویر، تمکین و دوبینین-رادوشکویچ برازش شدند. تبعیت از هر مدل ایزوترم با بررسی ضریب همبستگی ( $R^2$ ) مشخص می‌شود (Bazrafshan et al., 2015). مهم‌ترین فرضیات علمی مدل ایزوترم لانگموئر این است که مواد جذب شونده به نقاط مشخص و یکسان بر روی سطح نانوذره متصل شده، جذب به صورت تک لایه‌ای صورت می‌گیرد و اثر متقابلی بین مولکول‌های جذب شونده وجود ندارد. معادله ایزوترم لانگموئر با رابطه (۳) ارائه شده است.

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{q_m K_L} \frac{1}{C_e} \quad (3)$$

که  $q_e$ : مقدار رنگ جذب شده به ازای مقدار مشخصی از جاذب،  $C_e$ : غلظت رنگ (mg/l)،  $K_L$ : ثابت جذب ایزوترم و  $q_m$ : حداکثر ظرفیت جذب (mg/g) هستند. مقادیر ثابت  $K_L$  و  $q_m$  با رسم نمودار  $\frac{1}{q_e}$  در برابر  $\frac{1}{C_e}$  حاصل می‌شود.

سایر مواد شیمیایی از شرکت مرک آلمان تهیه شدند. جذب رنگ اسید بلو ۹۲ توسط نانوذره سنتز شده  $Fe_2O_3@SiO_2$  به طور پیوسته بر روی روتاری شیکر انجام شد. برای آزمایش‌های جذب از محلول استوک رنگ اسید بلو ۹۲ با غلظت ۱۰۰۰ mg/l استفاده و غلظت‌های مورد نیاز با استفاده از رقیق‌سازی محلول استوک تهیه شد. مقدار pH اولیه با استفاده از اسید سولفوریک ۱N و هیدروکسید سدیم ۱N تنظیم و توسط pH متر دیجیتال مدل (MIT65) اندازه‌گیری شد. مقدار ثابتی از جاذب به ارلن مایرهای ۲۵۰ ml میلی‌لیتری که حاوی ۵۰ ml رنگ بود اضافه و سپس به مدت زمان واکنش ۶۰ دقیقه، در دمای اتاق و سرعت اختلاط ۱۸۰ rpm بر روی شیکر قرار گرفت. پس از گذشت زمان مشخص محلول‌های میکس شده با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۵/۰ مورد صاف‌سازی قرار گرفت. سپس میزان جذب نمونه‌ها با استفاده از اسپکتروفتومتر UV/Vis مدل Shimadzu Model:CE- (1021-UK)، در طول موج ۶۲۰ nm اندازه‌گیری شد (Shanthi et al., 2014). برای دستیابی به نتایج بهتر، آزمایش‌ها سه بار تکرار شد. درصد حذف رنگ اسید بلو ۹۲ با استفاده از معادله (۱) مورد بررسی قرار گرفت.

$$R(\%) = \frac{C_0 - C_e}{C_0} 100 \quad (1)$$

که  $C_0$  و  $C_e$ : به ترتیب غلظت‌های اولیه و نهایی رنگ پس از جذب هستند. مقدار رنگ اسید بلو ۹۲ جذب شده به ازای جرم جاذب یا  $q_e$  (mg/g) با استفاده از معادله (۲) تعیین شد.

$$q_e \left( \frac{mg}{g} \right) = \frac{C_0 - C_e}{M_s} V \quad (2)$$

$$\log q_e = \ln q_m - \beta \varepsilon^2 \quad (7)$$

که  $q_m$ : ظرفیت تک لایه‌ای ایزوترم D-R (mg/g)،  $\varepsilon$ : پتانسیل پولانی که وابسته به غلظت تعادل است (KJ/mol) و  $\beta$ : عدد ثابت که وابسته به انرژی و رابطه (۸) نشان دهنده ضریب متوسط انرژی است.

$$E_a = \frac{1}{\sqrt{-2\beta}} \quad (8)$$

که  $E_a$ : انرژی آزاد برای انتقال یک مول از رنگ از توده محلول به سطح جاذب است.

در مدل ایزوترم دوبینین-رادوشکویچ، اگر مقدار انرژی جاذب برحسب (kJ/mol)، کمتر از ۸ باشد جاذب از نوع فیزیکی و ناشی از نیروهای ضعیف واندروالس است، اگر در محدوده ۸ تا ۱۶ باشد جاذب رنگ اسید بلو ۹۲ توسط نانوذره با مکانیسم تبادل یون صورت می‌گیرد و اگر  $E_a$  بین ۲۰-۴۰ باشد جاذب شیمیایی صورت گرفته است (Tahir and Rauf, 2006).

یکی از فاکتورهای مهم در طراحی سیستم جذبی، پیش‌بینی سرعت جاذب است. سینتیک جاذب، به ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی جاذب بستگی دارد که موثر بر فرآیند جاذب است. معادله لاگرگرین شبه مرتبه اول، معادله (HO) شبه مرتبه دوم و معادله نفوذ بین ذره‌ای اندازه‌گیری شد و این معادلات برای تشریح رفتار انتقال مولکول‌های رنگ جاذب شونده در واحد زمان و متغیرهای موثر بر سرعت واکنش به کار می‌رود (Rahdar et al., 2019). پارامترهای مورد بررسی و معادلات سینتیک جاذب در جدول ۱ ارائه شده است.

مطلوبیت جاذب با استفاده از مقادیر فاکتور بدون بعد  $R_L$  (رابطه (۴)) تعیین می‌شود. مقادیر  $R_L < 1$  جاذب نامطلوب،  $R_L = 1$  جاذب خطی،  $R_L = 0$  جاذب برگشت ناپذیر و  $R_L < 0$  جاذب مطلوب را نشان می‌دهد (Rahdar et al., 2019b).

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_0} \quad (4)$$

ایزوترم فروندلیچ جاذب سطحی آلاینده را بر روی سطح جاذب به صورت ناهمگن با توزیع غیر یکنواختی از گرمای جاذب بر روی سطح جاذب توسط معادله (۵) بیان می‌کند.

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (5)$$

ثابت‌های ایزوترم فروندلیچ  $K_F$  و  $\frac{1}{n}$  با رسم نمودار  $\log q_e$  در برابر  $\log C_e$  تعیین می‌شود که  $K_F$  عرض از مبدا و  $\frac{1}{n}$  شیب خط هستند. با استفاده از ثابت  $\frac{1}{n}$  نوع فرایند تفسیر می‌شود که اگر  $\frac{1}{n} = 0$  باشد برگشت ناپذیر،  $0 < \frac{1}{n} < 1$  مطلوب و اگر  $\frac{1}{n} > 1$  نامطلوب است (قاجاریه و همکاران، ۱۳۹۶). در مدل تمکین، رابطه (۶)، با در نظر گرفتن برهم‌کنش‌های احتمالی موجود بین جاذب شونده - جاذب شونده و گونه‌های جاذب شونده - جاذب بیان می‌شود.

$$q_e = B \ln K_T + B \ln C_e \quad (6)$$

که  $B$ : مرتبط با انرژی جاذب ( $B = \frac{RT}{b}$ ) و  $T$ : دما برحسب (°K)،  $R$ : ثابت جهانی گازها ( $8.314 \text{ J/mol.k}^{-1}$ ) هستند (احمدآبادی و همکاران، ۱۳۹۵). برای تعیین ماهیت فرایند جاذب (فیزیکی یا شیمیایی فرآیند)، از ایزوترم دوبینین-رادوشکویچ (D-R) طبق معادله (۷) استفاده می‌شود.

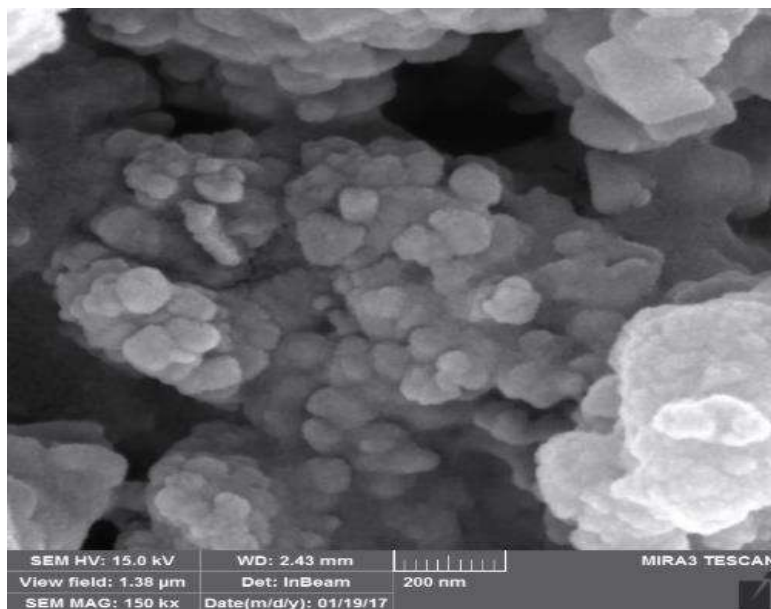
جدول ۱- پارامترها و معادلات سینتیک جاذب (Rahdar et al., 2019c)

| مدل سینتیک      | معادله سینتیک                                           | پارامترها                                                   | رسم نمودار                      |
|-----------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| لاگرگرین        | $\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1 t}{2.303}$      | $K_f \text{ (1/min)}$<br>$q_e \text{ (mg/g)}$<br>$R^2$      | $\log(q_e - q_t) \text{ vs } t$ |
| هو              | $\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$ | $K_2 \text{ (g/mg min)}$<br>$q_e \text{ (mg/g)}$<br>$R^2$   | $\frac{t}{q_t} \text{ vs } t$   |
| نفوذ بین ذره‌ای | $q_t = k_p t^{1/2} + C$                                 | $K \text{ (mg/g/min}^{1/2})$<br>$C \text{ (mg/g)}$<br>$R^2$ | $q_t \text{ vs } t^{0.5}$       |

می‌دهد که شکل نانوذرات تقریباً کروی اند. pH یکی از فاکتورهای قابل‌ملاحظه و تاثیرگذار بر فرایند جاذب بوده، تعیین‌کننده بار متغیر پروتونی سطح جاذب است، بر خواص الکتریکی جاذب تاثیرگذار بوده و در نتیجه بر روی کارایی فرایند جاذب تاثیر ویژه‌ای دارد (Duan and Su, 2014).

### ۳- یافته‌ها

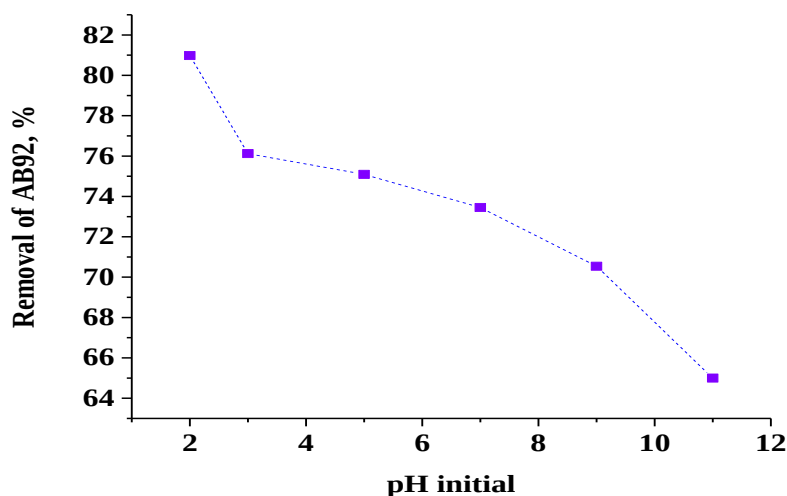
مورفولوژی نانوذرات  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$  با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری مطالعه شد که در شکل ۲ نشان داده می‌شود. تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری حاصل از نانوذرات نشان



شکل ۲- تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانوذرات

نیترات در pH محلول ۲ است و راندمان حذف معادل ۸۰/۹۸٪ است. با افزایش مقادیر pH از ۲ به ۱۱، درصد حذف رنگ از ۸۰/۹۸٪ به ۶۵٪ کاهش می‌یابد. جذب رنگ بر روی سطح نانوذره به شدت وابسته به pH است.

برای تعیین pH بهینه در حداکثر جذب رنگ اسید بلو ۹۲ و جذب تعادلی، غلظت رنگ ۵۰ mg/L در محدوده pH (۱۱-۲۱)، در مدت زمان ۶۰ دقیقه و دوز جاذب ۰/۰۸ g/L مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل در شکل ۳ ارائه شده است. حداکثر حذف



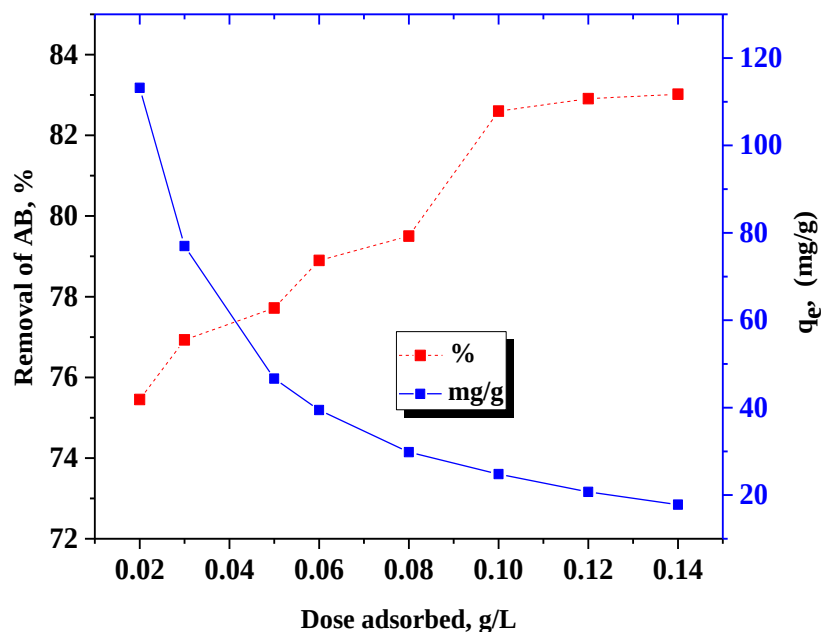
شکل ۳- اثر pH های مختلف بر حذف رنگ اسید بلو ۹۲ توسط نانوذره  $\text{Fe}_2\text{O}_3@\text{SiO}_2$  (غلظت اولیه رنگ ۵۰ mg/L میلی گرم در لیتر، دوز جاذب ۰/۰۸ g/L، زمان تماس ۶۰ min و درجه حرارت ۲۵ سانتی گراد)

آن به عنوان یک پارامتر مهم مطرح است. عملکرد زمان تماس (۱۵۰-۲۰ min) در غلظت‌های اولیه رنگ (۱۰-۱۲۰ mg/L) با pH محلول ۲ و دوز جاذب ۰/۱ g/L مورد بررسی قرار گرفت. در شکل ۵ مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت رنگ، حذف کاهش یافته و از ۶۸/۹۵٪ به ۶۳/۸۷٪ می‌رسد. جذب رنگ در ابتدای فرایند سریع بوده و با گذشت زمان به تدریج کاهش یافته و در مدت زمان تماس ۹۰ دقیقه با راندمان حذف ۸۹/۵۱٪ به تعادل می‌رسد.

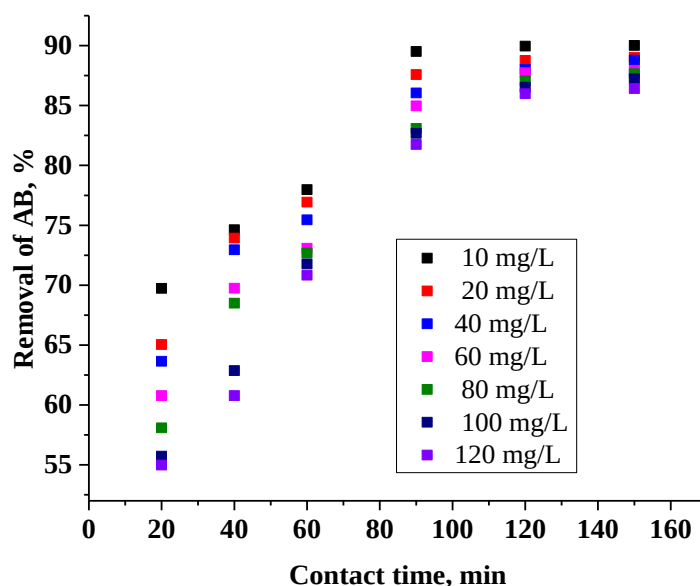
شکل ۴ نشان می‌دهد که با افزایش دوز جاذب (۰/۰۲-۰/۱۴ گرم بر لیتر) درصد حذف از ۷۵/۴۵٪ به ۸۳/۰۵٪ افزایش می‌یابد. حداکثر حذف در دوز جاذب ۰/۱ g/L (۸۲٪/۶۲ - ۲۴/۷۸ mg/g) مشاهده شده است. از طرف دیگر با افزایش دوز جاذب ظرفیت، جذب رنگ کاهش می‌یابد و از ۱۱۳/۱۷۵ mg/g به ۱۷/۷۹ mg/g می‌رسد.

اثر زمان تماس و غلظت اولیه رنگ اسید بلو ۹۲ بر روی جذب





شکل ۴- اثر دوز جاذب بر حذف رنگ اسید بلو ۹۲ توسط نانوذره  $\text{Fe}_2\text{O}_3@\text{SiO}_2$  (غلظت اولیه رنگ ۵۰ mg/l میلی گرم در لیتر، pH=۲، زمان تماس ۶۰ min و درجه حرارت ۲۵ سانتی گراد)

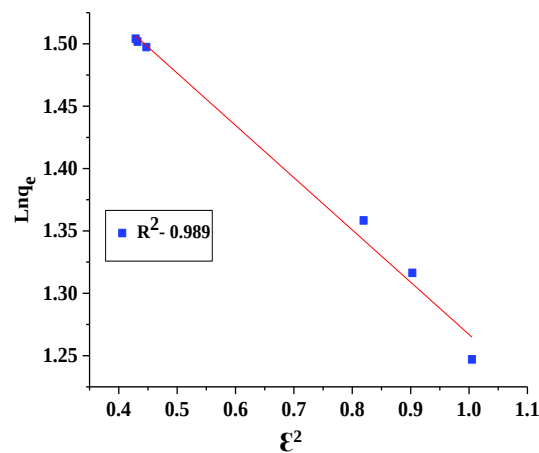


شکل ۵- اثر زمان‌های تماس مختلف و غلظت‌های مختلف بر حذف رنگ اسید بلو ۹۲ توسط نانوذره  $\text{Fe}_2\text{O}_3@\text{SiO}_2$  (pH=۲، دوز جاذب ۰/۱ g/l و درجه حرارت ۲۵ سانتی گراد)

### ۳-۱- ایزوترم و سینتیک جذب

ضرایب همبستگی و ضرایب ثابت ایزوترم‌های لانگمویر، فروندلیچ، تمکین و دوبینین-رادوشکویچ حاصل از داده‌های فرایند جذب رنگ اسید بلو ۹۲ توسط نانوذره  $\text{Fe}_2\text{O}_3@\text{SiO}_2$  در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طور که مشخص است میزان  $R^2$  در ایزوترم دوبینین-رادوشکویچ (۰/۹۸۹) بالاتر از بقیه ایزوترم‌ها است. بنابراین فرایند جذب از ایزوترم دوبینین-رادوشکویچ تبعیت

می‌کند که در شکل ۶ ارائه شده است. مقدار  $R_L$  برای ایزوترم لانگمویر کمتر از ۱ به دست آمد که نشان‌دهنده جذب مطلوب رنگ است. مقدار محاسبه شده برای ایزوترم فروندلیچ در محدوده  $0 < \frac{1}{n} < 1$  بوده و جذب مطلوب است. مقدار ثابت  $E_a$  برای حذف رنگ کمتر از ۸ است که نشان‌دهنده جذب فیزیکی رنگ اسید بلو ۹۲ توسط نانوذره  $\text{Fe}_2\text{O}_3@\text{SiO}_2$  است.



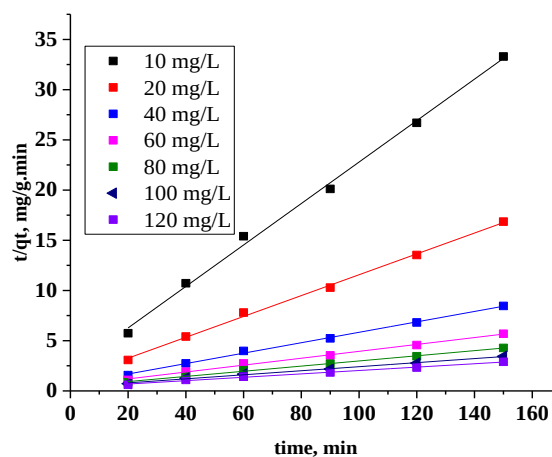
شکل ۶- ایزوترم دوبینین-رادوشکویچ

جدول ۲- پارامترهای ایزوترمهای لانگمویر، فروندلیچ، تمکین و دوبینین-رادوشکویچ (غلظت پهنه رنگ ۱۰ میلی گرم بر لیتر، pH: ۲، زمان تماس ۹۰ دقیقه، دوز نانوذره  $\text{Fe}_2\text{O}_3@\text{SiO}_2$  ۰/۱ گرم بر لیتر)

| مقادیر | پارامترها    | مدل ایزوترم       |
|--------|--------------|-------------------|
| ۳/۶۰   | $K_L$ (L/mg) | لانگمویر          |
| ۳/۲۸   | $q_m$ (mg/g) |                   |
| ۰/۹۴۷  | $R^2$        |                   |
| ۴/۵۱   | $K_f$ (mg/g) | فروندلیچ          |
| ۴/۶۳   | $N$          |                   |
| ۰/۹۸۴  | $R^2$        |                   |
| ۰/۰۱۰  | $K_T$        | تمکین             |
| ۱/۱۳۶  | $B$          |                   |
| ۰/۹۸۸  | $R^2$        |                   |
| ۰/۴۱۹  | $\beta$      | رادوشکویچ-دوبینین |
| ۱/۶۸۶  | $q_m$ (mg/g) |                   |
| ۰/۹۸۹  | $R^2$        |                   |

مشخص است میزان  $R^2$  در مدل سینتیک هو بالاتر از بقیه مدل‌های سینتیک است. بنابراین فرایند جذب از سینتیک درجه دوم تبعیت می‌کند که در شکل ۷ ارائه شده است.

ضرایب همبستگی و ضرایب ثابت مدل‌های سینتیک درجه اول (لاگ‌گرین)، سینتیک درجه دوم (هو) و سینتیک نفوذ بین ذره‌ای حاصل از داده‌های فرایند جذب رنگ اسید بلو ۹۲ توسط نانوذره  $\text{Fe}_2\text{O}_3@\text{SiO}_2$  در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌طور که



شکل ۷- سینتیک درجه دوم

جدول ۳- پارامترها و ضریب همبستگی سینتیک‌های جذب حذف غلظت‌های متفاوت رنگ اسید بلو ۹۲ توسط نانوذره  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$

| ۱۲۰ mg/L                   | ۱۰۰ mg/L | ۸۰ mg/L | ۶۰ mg/L | ۴۰ mg/L | ۲۰ mg/L | ۱۰ mg/L | مدل سینتیک                     |
|----------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------------------|
| مدل سینتیک لاگ‌گرین        |          |         |         |         |         |         |                                |
| ۰/۰۰۴۱                     | ۰/۰۰۴    | ۰/۰۰۳۸  | ۰/۰۰۳۶  | ۰/۰۰۳۵  | ۰/۰۰۵   | ۰/۰۰۴۸  | $K_f$ (1/min)                  |
| ۲۸/۰۱۴                     | ۲۳/۲۶۸   | ۱۹/۶۰۱  | ۱۳/۸۷۹  | ۸/۴۳۸   | ۲/۱۶۹   | ۰/۰۰۰۳  | $q_e$ (mg/g)                   |
| ۰/۸۸۴                      | ۰/۸۸۲    | ۰/۸۷۱   | ۰/۸۷۰   | ۰/۸۵۶   | ۰/۸۱۶   | ۰/۸۷۵   | $R^2$                          |
| مدل سینتیک هو              |          |         |         |         |         |         |                                |
| ۰/۳۴۸                      | ۰/۳۹۶    | ۰/۴۱۷   | ۰/۵۰۹   | ۰/۶۴۷   | ۱/۱۸۷   | ۲/۱۴۸   | $K_2$ (g/mg min)               |
| ۰/۰۱۶۸                     | ۰/۰۲۰۲   | ۰/۰۲۵۷  | ۰/۰۳۴۳  | ۰/۵۱۹   | ۰/۱۰۳   | ۰/۲۰۶   | $q_e$ (mg/g)                   |
| ۰/۹۹۴                      | ۰/۹۹۶    | ۰/۹۹۷   | ۰/۹۹۶   | ۰/۹۹۷   | ۰/۹۹۷   | ۰/۹۹۶   | $R^2$                          |
| مدل سینتیک نفوذ بین ذره‌ای |          |         |         |         |         |         |                                |
| ۰/۱۴۷                      | ۰/۳۲۵    | ۰/۶۷۳۶  | ۱/۱۲۳   | ۱/۵۸۵   | ۲/۲۱۲   | ۲/۷۰۲   | $K$ (mg/g/min <sup>1/2</sup> ) |
| ۲/۸۳۴                      | ۵/۲۳۸    | ۱۰/۰۶۸  | ۱۳/۶۰   | ۱۶/۹۰   | ۱۸/۳۱   | ۲۰/۹۶   | $C$ (mg/g)                     |
| ۰/۹۱۴                      | ۰/۹۲۹    | ۰/۹۴۴   | ۰/۹۴۷   | ۰/۹۶۰   | ۰/۹۵۹   | ۰/۹۵۴   | $R^2$                          |

#### ۴- بحث و نتیجه گیری

مکانیسم حذف آلاینده توسط نانوذره از نوع شیمیایی است. در pH های اسیدی، تراکم یون  $\text{H}^+$  بر روی سطح نانوذره افزایش یافته و به این ترتیب میزان حذف رنگ AB92 که یک رنگ آنیونی است افزایش می‌یابد (سمرقندی و همکاران، ۱۳۸۹). علاوه بر این نانوذره دارای سیلیس و اکسید آهن است که در محلول‌های آبی به صورت یون‌های  $\text{Fe}$  و  $\text{Si}^{2+}$  حضور دارد. در pH پایین و در حضور یون  $\text{H}^+$ ، گروه‌های سیلیس موجود در ساختار نانوذره با گرفتن پروتون از  $\text{H}^+$  تبدیل به گونه‌های  $\text{Si}^{3+}$  می‌شوند. هم‌چنین در محیط اسیدی، سطح اکسیدهای آهن مثبت شده که این دلایل باعث افزایش تعداد یون‌های منفی رنگ بر روی سطح نانوذره و جذب رنگ می‌شود (Shahmoradi et al., 2015). در مطالعه‌ای، pH بهینه معادل ۳ برای حذف رنگ اسید آبی ۹۲ بود (Shanthi et al., 2014). هم‌چنین در مطالعه (Balarak et al., 2016) برای حذف رنگ توسط ضایعات پوست *Sterculia quadrifida* مقدار pH بهینه معادل ۲ بود که با این مطالعه مطابقت دارد.

همان‌طور که در نتایج بیان شده، با افزایش دوز نانوذره  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  کارایی حذف رنگ AB92 افزایش می‌یابد. علت افزایش راندمان با افزایش جرم جاذب، وجود تعداد بالای سایت‌های فعال نانوذرات است که تعداد یون‌های رنگ به دام افتاده در فاز جاذب را افزایش می‌دهد (احمدآبادی و همکاران، ۱۳۹۵). به عبارت دیگر در واقع سطح موجود برای جذب تبادلی که در اختیار رنگ است افزایش می‌یابد و با افزودن دوز مشخصی از نانوذره، حداکثر جذب رنگ حاصل می‌شود (Li et al, 2017). هم‌چنین افزایش بیشتر مقدار نانوذره (با توجه به ثابت بودن غلظت رنگ) و در نتیجه افزایش سایت‌های فعال آزاد، باعث خالی ماندن تعدادی از سایت‌ها شده و عدم اشغال آن‌ها می‌شود. به همین خاطر درصد جذب تقریباً ثابت مانده و ظرفیت جذب

کاهش می‌یابد (احمدآبادی و همکاران، ۱۳۹۵). اما دلیل کاهش ظرفیت جذب با افزایش دوز نانو ذره، کاهش نسبت رنگ اسید بلو جذب شونده به مقدار نانوذره و هم‌چنین اشباع نشدن برخی از سایت‌های موجود در سطح جاذب است (Fazlzadeh et al., 2017). تجمع مولکولی جاذب در دوزهای بالاتر منجر به افزایش طول مسیر انتشار و کاهش سطح تماس می‌شود (قاجاریه و همکاران، ۱۳۹۶). مطالعات انجام شده توسط احمدآبادی و همکاران (۱۳۹۵) و (Rahdar et al., 2016) در کاهش رنگ بازیک رد ۱۸ و متیلن بلو با استفاده از جاذب‌های طبیعی نشان داد که با افزایش غلظت نانو ذره کارایی حذف افزایش می‌یابد.

غلظت رنگ یکی دیگر از پارامترهای مهم و مطرح در فرایند حذف رنگ است و با افزایش غلظت اولیه رنگ AB92 راندمان حذف رنگ توسط نانوذره به علت اشباع شدن سایت‌های خالی موجود بر روی سطح نانوذره در غلظت‌های بالای رنگ کاهش می‌یابد. شکل ۶ نشان داد که راندمان حذف رنگ با گذشت زمان تماس برای تمام غلظت‌ها (۱۵۰-۱۰ mg/L) افزایش یافت. هم‌چنین نتایج نشان داد که زمان رسیدن به تعادل برای تمام غلظت‌های رنگ یکسان است و میزان حذف در ابتدای فرایند احتمالاً به دلیل وجود سایت‌های خالی بسیار بالا بر روی سطح نانوذرات و افزایش احتمال برخورد مولکول‌های رنگ با سطح نانوذره بالا است. لذا جذب سریع رخ می‌دهد و با گذشت زمان این سایت‌ها به‌طور تدریجی توسط مولکول‌های رنگ اشغال شده و میزان جذب به دلیل وجود نیروی دافعه بین مولکول‌های رنگ موجود بر روی سطح نانوذره و رنگ موجود در محلول کاهش می‌یابد. این یافته را مطالعات انجام شده توسط (Osma et al., 2007) و (Bazrafshan et al., 2015) نیز تایید می‌کند. در مطالعه (Balarak et al., 2016) زمان تماس بهینه برای حذف رنگ اسید آبی ۹۲، ۹۰ دقیقه بوده است.

نتایج معادلات سینتیکی نشان داد که سینتیک مدل شبه

درجه دوم برای این فرایند با بالاترین ضریب همبستگی، معتبرتر است. ایزوترم‌های جذب، مهم‌ترین پارامتر در طراحی سیستم‌های جذب و توصیف کننده رابطه بین غلظت ماده جذب شونده و ظرفیت جذب یک جاذب است (غفوری و نقی‌زاده، ۱۳۹۴). اساس ایزوترم‌ها در توصیف رفتارهای جزء جذب شونده و جاذب و همچنین ارائه مهم‌ترین طرح از نوع جذب است. در مدل لانگمویر، یک لایه از مولکول‌های ماده حل شده، جذب جاذب شده و در تمامی سطوح جاذب، مقدار انرژی جذب یکسان و پیوندهای جذب، برگشت‌پذیر فرض می‌شوند. در مدل فروندلیچ، مناطق

موجود روی سطح جسم جاذب، یکنواخت نبوده و قدرت جذب متفاوتی دارند. ایزوترم دوبینین-رادوشکویچ ماهیت فرایند جذب را مشخص نمود (Bazrafshan et al., 2015). ضریب همبستگی مدل دوبینین-رادوشکویچ که بالاتر از سایر مدل‌ها بود، نشان می‌دهد که مدل دوبینین-رادوشکویچ برای توصیف تعادل جذب رنگ اسید بلو ۹۲ بر روی نانوذره  $Fe_2O_3@SiO_2$  مناسب است. مطالعات مشابه دیگری که محققان در زمینه حذف رنگ اسیدی ۹۲ انجام داده‌اند در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴: نتایج مطالعات مشابه حذف رنگ اسید آبی ۹۲ توسط جاذب‌های مختلف

| مرجع                   | شرایط بهینه                                                                                   | سینتیک جذب      | ایزوترم جذب       | جاذب                                             |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|--------------------------------------------------|
| Shanthi et al. (2014)  | pH: 2<br>غلظت رنگ: ۲۰ میلی گرم بر لیتر                                                        | سینتیک درجه دوم | لانگمویر          | Sterculia quadrifida Seed Shell Waste            |
| Balarak et al. (2016)  | pH: 3<br>زمان تماس: ۹۰ دقیقه<br>غلظت رنگ: ۱۰ میلی گرم بر لیتر<br>دوز جاذب: ۷ گرم بر لیتر      | سینتیک درجه دوم | لانگمویر          | Modified Azolla Filiculoides                     |
| Khalighi et al. (2012) | pH: 2<br>زمان تماس: ۹۰ دقیقه<br>غلظت رنگ: ۵۰ میلی گرم بر لیتر<br>دوز جاذب: ۰/۱ گرم بر لیتر    | سینتیک درجه دوم | بت                | Modified Diatomite by Nickel Oxide Nanoparticles |
| مطالعه حاضر            | pH: 2<br>زمان تماس: ۹۰ دقیقه<br>غلظت رنگ: ۱۰ میلی گرم بر لیتر<br>دوز نانوذره: ۰/۱ گرم بر لیتر | سینتیک درجه دوم | دوبینین-رادوشکویچ | $Fe_2O_3@SiO_2$ nanoparticle                     |

## ۵- نتیجه گیری

این تحقیق نشان داد که نانوذره  $Fe_2O_3@SiO_2$  می‌تواند یک جاذب موثر در حذف رنگ اسید بلو ۹۲ از پساب‌های نساجی باشد.  $0.1 \text{ g/l}$  نانوذره مورد مطالعه به عنوان مقدار بهینه جاذب و غلظت بهینه رنگ  $10 \text{ mg/l}$  بود. نتایج بیانگر این مطلب است که مدل شبه درجه دوم برای چنین فرایند جذبی مناسب بوده و کارایی فرایند با دوز جاذب و زمان تماس، رابطه مستقیم و با غلظت رنگ‌زا و pH رابطه معکوس داشت. نتایج حاصل از مطالعات ایزوترمی نشان داد که ضریب همبستگی معادله ایزوترمی دوبینین-رادوشکویچ در حد نسبتاً بالایی ( $R^2=0.989$ ) قرار دارد. می‌توان نتیجه گرفت که نانوذره  $Fe_2O_3@SiO_2$  در حذف رنگ‌زای اسید بلو ۹۲ از پساب‌های نساجی کارایی بالایی دارد.

## ۶- مراجع

احمدآبادی، م.، رهدار، س.، و تقوی، م.، (۱۳۹۵)، "بررسی حذف رنگ بازیک رد ۱۸ از محلول‌های آبی با استفاده از خاکستر

پوست بادام زمینی"، *مجله طنین سلامت*، ۴(۲)، ۲۱-۳۲.  
باقرپور سرد صحرا، ف.، شریعتی نیا، ز.، شکرریز، ش.، و محمودی، ن.م.، (۱۳۹۴)، "سنتر نانوذرات مخلوط اکسیدهای فلزی لانتان - روی - آلومینات با روش احتراقی و تاثیرشان در رنگ‌بری رنگ‌زاهای اسید آبی ۹۲ و راکتیو آبی"، *علوم و فناوری رنگ*، ۹(۲)، ۱۴۵-۱۵۷.  
رضایی مفرد، م.ج.، میران زاده، م.ب.، پورقلی، م.، اکبری، ح.، و دهقانی، ر.، (۱۳۹۲)، "بررسی تأثیر روش‌های اکسیداسیون پیشرفته بر حذف رنگ از فاضلاب صنایع نساجی"، *مجله علمی پژوهشی فیض دانشگاه علوم پزشکی کاشان*، ۱۷(۱)، ۳۹-۳۲.  
عبدالله زاده، ح.م.، علیزاده، ب.، خسروی، د.، و فضل زاده، م.، (۱۳۹۵)، "بررسی کارایی نانورس اصلاح شده با EDTA در حذف هیومیک اسید از محلول‌های آبی"، *مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران*، ۲۶(۱۳۹)، ۱۱۱-۱۲۵.  
سمرقندی، م.ج.، نوری سپهر، م.، ضرابی، م.، نوروزی، م.، شاهرخی، ا.، و امرائی، ف.، (۱۳۸۹)، "بررسی کارایی و مکانیسم حذف رنگ اسید بلاک ۱ با استفاده از جاذب معدنی پامیس"، *فصلنامه سلامت و محیط زیست*، ۳(۴)، ۳۹۹-۴۱۱.

- effective low-cost adsorbent for the removal of the diazo dye reactive black 5 from aqueous solutions”, *Journal of Hazardous Materials*, 147(3), 900-905.
- Park, S.I., Lim, J.H., Kim, J.H., Yun, H.I., Roh, J.S., Kim, C.G., and Kim, C.O., (2004), “Effects of surfactant on properties of magnetic fluids for biomedical application”, *Physica Status Solidi (b)*, 241(7), 1662-1664.
- Rahdar, S., Igwegbe, C.A., Ghasemi, M., and Ahmadi, S., (2019a), “Degradation of aniline by the combined process of ultrasound and hydrogen peroxide (US/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)”, *MethodsX*, 6, 492-499.
- Rahdar, S., Rahdar, A., Zafar, M.N., Shafqat, S.S., and Ahmadi, S., (2019b), “Synthesis and characterization of MgO supported Fe-Co-Mn nanoparticles with exceptionally high adsorption capacity for Rhodamine B dye”, *Journal of Materials Research and Technology*, 8(5), 3800-3810.
- Rahdar, A., Rahdar, S., Ahmadi, S., and Fu, J., (2019c), “Adsorption of ciprofloxacin from aqueous environment by using synthesized nanoceria”, *Ecological Chemistry and Engineering*, 26(2), 299-311.
- Shahmoradi, B., Maleki, A., and Byrappa, K., (2015), “Removal of disperse orange 25 using in situ surface-modified iron-doped TiO<sub>2</sub> nanoparticles”, *Desalination and Water Treatment*, 53(13), 3615-3622.
- Shanthi, P., Karthik, M., Venkatachalam, K.J., and Karthikeyan, S., (2014), “Adsorption of acid blue 92 from aqueous solution using an activated carbon prepared from stercuria quadrifida seed shell waste”, *Journal of Water and Environmental Nanotechnology*, 3(4), 96-104.
- Srivastava, S., Sinha, R., and Roy, D., (2004), “Toxicological effects of malachite green”, *Aquatic Toxicology*, 66(3), 319-329.
- Srivastava, V.C., Mall, I.D., and Mishra, I.M., (2006), “Equilibrium modelling of single and binary adsorption of cadmium and nickel onto bagasse fly ash”, *Chemical Engineering Journal*, 117(1), 79-91.
- Tahir, S.S., and Rauf, N., (2006), “Removal of a cationic dye from aqueous solutions by adsorption onto bentonite clay”, *Chemosphere*, 63(11), 1842-1848.
- Taimoory, S.M., Rahdar, A., Aliahmad, M., Sadeghfahar, F., Hajinezhad, M.R., Jahantigh, M., Shahbazi, P., and Trant, J.F., (2018), “The synthesis and characterization of a magnetite nanoparticle with potent antibacterial activity and low mammalian toxicity”, *Journal of Molecular Liquids*, 265, 96-104.
- علی دادی، ح.، کریمیان، ح.، بذرافشان، ا.، نجف پور، ع.ا. و رافع، ش.، (۱۳۹۳)، “بررسی کارایی نانولوله کربن چند جداره و خاکستر حاصل از زائدات درخت خرما در حذف رنگ از فاضلاب نساجی”، *مجله پژوهش در بهداشت محیط*، ۱۱(۱)، ۱۰-۱۹.
- غفوری، م.، نقی زاده، ع.، (۱۳۹۴)، “بررسی ایزوترم، سینتیک و ترمودینامیک فرآیند حذف اسید هیومیک توسط نانوکیتوزان از محیط‌های آبی”، *دانشگاه علوم پزشکی بیرجند*، ۲۳(۳)، ۲۲۲-۲۳۴.
- قاجاریه، ع.، فریزاده، خ.، و حسین‌خانی، م.، (۱۳۹۶)، “استفاده از نانوذرات آهن در سنتز هیدروژل مهره‌های مغناطیسی جهت حذف رنگ‌زای بازیگ آبی ۱۵۹ از محیط‌های آبی”، *مجله آب و فاضلاب*، ۲۸(۵)، ۲۱-۱۲.
- Abou-Gamra, Z.M., and Ahmed, M.A., (2015), “TiO<sub>2</sub> nanoparticles for removal of malachite green dye from waste water”, *Advances in Chemical Engineering and Science*, 5(03), 373.
- Ahmadi, S., Igwegbe, C.A., and Rahdar, S., (2019), “The application of thermally activated persulfate for degradation of Acid Blue 92 in aqueous solution”, *International Journal of Industrial Chemistry*, 10(3), 249-260.
- Alizadeh, M., Mahvi, A.H., and Mansoorian, H.J., (2014), “The survey of electrocoagulation process for removal dye reactive orange 16 from aqueous solutions using sacrificial iron electrodes”, *Iranian Journal of Health, Safety and Environment*, 1(1), 1-8.
- Balarak, D., Mandavi, Y., Bazrafshan, E. and Mahvi, A.H., (2016), “Kinetic, isotherms and thermodynamic modeling for adsorption of acid blue 92 (ab92) from aqueous solution by modified azolla filicoides”, *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(5), 1322-1331.
- Bazrafshan, E., Kord Mostafapour, F., Rahdar, S., and Mahvi, A.H., (2015), “Equilibrium and thermodynamics studies for decolorization of Reactive Black 5 (RB5) by adsorption onto MWCNTs”, *Desalination and Water Treatment*, 54(8), 2241-2251.
- Duan, J., and Su, B., (2014), “Removal characteristics of Cd (II) from acidic aqueous solution by modified steel-making slag”, *Chemical Engineering Journal*, 246, 160-167.
- Kaur, H., and Kaur, R., (2014), “Removal of rhodamine-B dye from aqueous solution onto pigeon dropping: Adsorption, kinetic, equilibrium and thermodynamic studies”, *Journal of Materials and Environmental Science*, 5(6), 1830-1838.
- Khalighi, S.R., Khosravi, N.M., Badii, K.H., and Yousefi, L.N., (2012), “Adsorption of acid blue 92 dye on modified diatomite by nickel oxide nanoparticles in aqueous solutions”, *Progress in Color, Colorants and Coating*, 5, 101-116.
- Li, P., Lin, K., Fang, Z. and Wang, K., (2017), “Enhanced nitrate removal by novel bimetallic Fe/Ni nanoparticles supported on biochar”, *Journal of Cleaner Production*, 151, 21-33.
- Osma, J.F., Saravia, V., Toca-Herrera, J.L., and Couto, S.R., (2007), “Sunflower seed shells: A novel and



## Technical Note

## یادداشت فنی

### Evaluate and Calculate the Average Zone Pressure and Night-Day Factor and Their Application in the Analysis of Water Distribution Networks

### ارزیابی و محاسبه فشار متوسط ناحیه و فاکتور روز-شب و کاربرد آن‌ها در تحلیل شبکه‌های توزیع آب

Ali Mousakhani<sup>1\*</sup> and Arezo Akbari<sup>2</sup>

1- Head of Office of Consumption Management, Customer Service and Non-Revenue Reduction, Ghazvin Water and Wastewater Company, Ghazvin, Iran.

2- Expert, Office of Consumption Management, Customer Service and Non-Revenue Reduction, Ghazvin Water and Wastewater Company, Ghazvin, Iran.

\* Corresponding author, Email: [mousakhani.a61@gmail.com](mailto:mousakhani.a61@gmail.com)

Received: 28/05/2018

Revised: 05/02/2020

Accepted: 19/02/2020

## Abstract

Managing operating pressures in a drinking water distribution system is essential to manage actual losses and some of the consumption components, to control the frequency of new leaks on main lines and to splits, and to increase the life of the infrastructure. The average pressure of the area is a key parameter for all calculations and modeling of the water distribution network, therefore a systematic method for measuring the average pressure region is necessary. Due to the FAVAD relationship (leakage of fixed and variable pores), the leakage flow rate changes with the average pressure of the region. The average pressure of the area during the 24 hours of the day changes in many systems and zones, as a result of which the leakage flow rate also changes. Therefore, Night-Day Factor (NDF) should be calculated to convert the leakage rate to the average daily leakage. In a DMA, the average pressures per hour as well as calculating the leakage of the FAVAD relationship is easily calculated by the NDF from the formula "Total 24-hour leakage divided by minimum leakage".

**Keywords:** Average zone pressure, Nigh-Day factor, FAVAD Relationship.

علی موسی‌خانی<sup>۱\*</sup> و آرزو اکبری<sup>۲</sup>

۱- مدیر دفتر مدیریت مصرف، خدمات مشترکین و کاهش هدررفت آب، شرکت آب و فاضلاب استان قزوین، قزوین، ایران.

۲- کارشناس دفتر مدیریت مصرف، خدمات مشترکین و کاهش هدررفت آب، شرکت آب و فاضلاب استان قزوین، قزوین، ایران.

\* نویسنده مسئول، ایمیل: [mousakhani.a61@gmail.com](mailto:mousakhani.a61@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۰۷

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۸/۱۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۳۰

## چکیده

مدیریت فشارهای بهره برداری یک سیستم توزیع آب شرب برای مدیریت هدررفت‌های واقعی و برخی مؤلفه‌های مصرف، کنترل فراوانی وقوع نشت‌های جدید بر روی خطوط اصلی و انشعابات و افزایش عمر کاری زیرساخت‌ها ضروری است. فشار متوسط ناحیه یک پارامتر کلیدی برای تمام محاسبات و مدل‌سازی‌های شبکه توزیع آب است. بنابراین اتخاذ یک‌روش سیستماتیک برای محاسبه فشار متوسط ناحیه ضروری است. با توجه به رابطه FAVAD<sup>۱</sup> (نشت از منافذ ثابت و متغیر) نرخ جریان نشت با فشار متوسط ناحیه تغییر می‌کند. فشار متوسط ناحیه در طول ۲۴ ساعت شبانه‌روز در بسیاری از سیستم‌ها و زون‌ها تغییر می‌کند که در نتیجه آن نرخ جریان نشت نیز با آن تغییر می‌کند. بنابراین برای تبدیل نرخ نشت شبانه به نشت متوسط روزانه باید فاکتور روز-شب محاسبه شود. در یک ناحیه مستقل اندازه‌گیری، فاکتور روز-شب با محاسبه فشارهای متوسط در هر ساعت و همچنین محاسبه نشت از رابطه FAVAD به راحتی از فرمول "مجموع نشت ۲۴ ساعته تقسیم بر حداقل نشت شبانه" محاسبه می‌شود.

**کلمات کلیدی:** فشار متوسط ناحیه، رابطه FAVAD، فاکتور روز-شب.

## ۳- فشار متوسط سیستم

## ۳-۱- محاسبه فشار متوسط ناحیه

جدول ۱ چگونگی محاسبه فشار متوسط برای یک سیستم شامل تعدادی زون بزرگ و کوچک را نشان می‌دهد که مقادیر Pav برای هر کدام به‌طور جداگانه ارزیابی شده‌اند. یک روش سیستماتیک برای تخمین نقطه متوسط ناحیه (AZP) برای هر زون منحصر به فرد و ارزیابی فشار متوسط برای آن زون منحصر به فرد در بخش ۳-۳ توصیف شده است. فشار متوسط Pav برای کل سیستم، فشار متوسط وزنی کل زون‌ها در آن سیستم است. گروه کاری هدررفت آب انجمن بین‌المللی آب بیان می‌کند که در بیشتر سیستم‌ها، اگر چگالی انشعابات ۲۰ انشعاب بر کیلومتر یا بیشتر باشد، بیشترین هدررفت‌های واقعی بر روی انشعابات اتفاق خواهد افتاد، بنابراین فاکتور وزنی ترجیح داده شده، تعداد انشعابات است. اما اگر چگالی انشعابات کمتر از ۲۰ انشعاب بر کیلومتر باشد، قابل انتظار است که بیشتر هدررفت‌های واقعی بر روی خطوط اصلی اتفاق بیفتد، بنابراین فاکتور وزنی ترجیح داده شده طول خطوط اصلی خواهد بود (کیلومتر). جدول ۱ مثالی از چگونگی محاسبه فشار متوسط وزنی سیستم از فشارهای متوسط منحصر به فرد در زون‌هایی که در سیستم ایجاد شده‌اند، است. در این مثال ۷ زون با تفاوت‌های قابل توجه در طول خطوط اصلی، چگالی انشعابات و فشار متوسط ناحیه وجود دارد. با توجه به چگالی انشعابات، دو ارزیابی از فشار متوسط وزنی سیستم مورد مطالعه به دست می‌آید. ۵۰/۷ متر اگر تعداد انشعابات استفاده شود و ۵۱/۵ متر اگر طول خطوط اصلی استفاده شود. به دلیل این که روی هم رفته چگالی انشعابات برای کل سیستم ۳۲/۷ انشعاب بر کیلومتر از خطوط اصلی است، که بزرگتر از ۲۰ انشعاب بر کیلومتر از خطوط اصلی است، مقدار محاسبه شده ۵۰/۷ متر است، یعنی وزن دهی براساس تعداد انشعابات است که این بهترین تخمین از فشار متوسط سیستم ترجیح داده شده است (Lambert, 2013).

## ۳-۲- تعریف نقطه متوسط ناحیه AZP

این نقطه یک موقعیت فیزیکی است (معمولاً یک شیر آتش‌نشانی) جایی که فشار می‌تواند به‌طور تقریبی به‌عنوان نماینده فشار متوسط ناحیه مطرح شود، هم‌چنان که جریان ورودی به‌طور ساعتی، روزانه و فصلی تغییر می‌کند. از مهم‌ترین مشکلات بنیادی (متأسفانه تکرار شونده) که در برخی نوشته‌ها یافت می‌شود، این فرض است که فشار متوسط ناحیه، متوسط فشارهای نقطه بحرانی و ورودی است. درحالی که ممکن است این موضوع یک فرض صحیح برای برخی زون‌های کوچک بدون اختلاف در تراز ارتفاعی

در این مقاله به چرایی استفاده از نقطه متوسط ناحیه AZP<sup>۲</sup> در آب بدون درآمد اشاره شده و هم‌چنین روش‌ها و محاسبات مربوط به تعیین این نقطه مشخص شده است. NDF<sup>۳</sup> یا فاکتور روز-شب نیز یک فاکتور مهم در محاسبه مقدار روزانه هدررفت واقعی از جریان‌های شبانه است. مقاله حاضر می‌تواند به بسیاری از کارشناسان کمک کند تا از سردرگمی و یا شاید اشتباهات محاسباتی اجتناب نمایند و تحلیل قابل‌اعتمادتری از محاسبات خود داشته باشند. نرم افزار رایگان AZP&NDFCalcs محاسبات فشار متوسط ناحیه و فاکتور روز-شب را به راحتی انجام می‌دهد (Lambert, 2013). این نرم افزار توسط آلن لامبرت (مدیر و بنیان‌گذار دپارتمان LEAKS) که یکی از متخصصین شهیر آب بدون درآمد با بیش از ۵۰ سال سابقه کاری در زمینه هدررفت آب است تدوین و نگارش یافته است. در واقع این مقاله تلاشی برای معرفی روش صحیح محاسبه فشار متوسط ناحیه و فاکتور روز-شب با محوریت نرم افزار فوق‌الذکر و دستورالعمل آن است تا کاربران به راحتی توانایی محاسبات را داشته باشند.

## ۲- چرا اندازه‌گیری قابل اعتماد از فشارهای سیستم توزیع اهمیت دارد؟

مدیریت فشارهای بهره‌برداری یک سیستم توزیع آب برای مدیریت هدررفت‌های واقعی و برخی مؤلفه‌های مصرف، کنترل فراوانی وقوع نشت‌های جدید بر روی خطوط اصلی و انشعابات و افزایش عمر کاری زیرساخت‌ها ضروری است. اندازه‌گیری‌های فشار در زون‌ها برای تحلیل اندازه‌گیری‌های جریان شبانه و هم‌چنین تفسیر آزمون‌ها برای ارزیابی پارامترهای زیرساختی هر زون با استفاده از مفاهیم بنیادی بین‌المللی از قبیل موارد زیر مورد نیاز است:

- تحلیل مؤلفه هدررفت واقعی (تخمین نشت‌های زمینه و ترکیدگی‌ها BABE<sup>۴</sup>)
- مفهوم FAVAD (روابط بین فشار و نشت، فشار و مصرف).

فشار متوسط سیستم (Pav)<sup>۵</sup> برای محاسبه هدررفت واقعی اجتناب‌ناپذیر سالانه (UARL)<sup>۶</sup> مورد نیاز است. UARL در به‌دست آوردن شاخص نشت زیرساخت (ILI)<sup>۷</sup> استفاده می‌شود که یکی از شاخص‌های عملکرد کلیدی برای هدررفت واقعی است. هم‌چنین فشار متوسط ناحیه در شب (AZNP)<sup>۸</sup> یک پارامتر کلیدی برای انواع دیگری از محاسبات مدل‌سازی براساس جریان‌های شبانه است. فشار متوسط یک پارامتر کلیدی برای برخی اهداف در مدیریت توزیع است، بنابراین اتخاذ یک روش

متوسط ناحیه برابر متوسط فشارهای نقطه ورودی و بحرانی باشد به‌طور واضح نادرست خواهد بود و به‌طور قابل‌توجهی از فشار متوسط واقعی زون پایین‌تر تخمین خواهد شد (Lambert, 2013).

زمین باشد، در بیشتر موارد منجر به خطاهای قابل‌توجه در تخمین فشار متوسط ناحیه و فشار متوسط شبانه ناحیه خواهد شد. این موضوع به‌طور واضح به‌وسیله مثالی در شکل ۱ نشان داده شده است. در هر دو بخش این‌شکل فرض این‌که فشار

جدول ۱- مثال از محاسبه فشار متوسط وزنی یک سیستم با ۷ زون (Lambert, 2013)

| نام زون                                                                                        | طول خطوط اصلی (Lm) (کیلومتر) | تعداد املاک دارای صورت‌حساب (Np) | نرخ $Ns/Np$ | تعداد انشعابات (Ns) | چگالی انشعابات (بر کیلومتر از خطوط اصلی) | فشار متوسط جاری در زون (Pav) (متر) | $Ns \times Pav$ (انشعاب $\times$ متر) | $Lm \times Pav$ (کیلومتر $\times$ متر) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------|---------------------|------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|
| A                                                                                              | ۹/۲۵۳                        | ۸۲۰۶                             | ۰/۹۹۰       | ۸۱۲۴                | ۳۲                                       | ۵/۵۲                               | ۴۲۶۵۰۷                                | ۱۳۳۳۰                                  |
| B                                                                                              | ۱۵۳                          | ۵۸۷۸                             | ۰/۹۸۰/۰     | ۵۷۶۰                | ۶/۳۷                                     | ۱/۳۸                               | ۲۱۹۴۷۳                                | ۵۸۲۹                                   |
| C                                                                                              | ۱۷۵۱                         | ۵۵۹۶                             | ۰/۹۳۰       | ۵۲۰۴                | ۷/۲۹                                     | ۶۱                                 | ۳۱۷۴۶۱                                | ۱۰۶۸۱                                  |
| D                                                                                              | ۳/۱۳۵                        | ۴۷۱۹                             | ۰/۹۵۰       | ۴۴۸۳                | ۱/۳۳                                     | ۴/۴۳                               | ۱۹۴۵۶۴                                | ۵۸۷۲                                   |
| E                                                                                              | ۷/۱۱۰                        | ۲۸۳۵                             | ۰/۹۶۰       | ۲۷۲۲                | ۶/۲۴                                     | ۶۲                                 | ۱۶۸۷۳۹                                | ۶۸۶۳                                   |
| F                                                                                              | ۸/۵۴                         | ۲۳۸۰                             | ۰/۹۸۰       | ۲۳۳۲                | ۶/۴۲                                     | ۱/۵۵                               | ۱۲۸۵۱۵                                | ۳۰۱۹                                   |
| G                                                                                              | ۶۰                           | ۲۳۰۰                             | ۰/۹۴۰       | ۲۱۶۲                | ۳۶                                       | ۷/۴۸                               | ۱۰۵۲۸۹                                | ۲۹۲۲                                   |
| مجموع ستون‌ها یا متوسط وزنی                                                                    | ۹۴۳                          | ۳۱۹۱۴                            | ۰/۹۶۵       | ۳۰۷۸۸               | ۷/۳۲                                     | مجموع ستون ها =                    | ۱۵۶۰۵۴۹                               | ۴۸۵۱۷                                  |
| تعداد زون‌ها                                                                                   | ۷                            | ۷                                |             | ۷                   |                                          | تقسیم بر                           | $Ns = ۳۰۷۸۸$                          | $Lm = ۹۴۳$                             |
| متوسط زون                                                                                      | ۷/۱۳۴                        | ۴۵۵۹                             | ۰/۹۶۵       | ۴۳۹۸                | ۷/۳۲                                     | تخمین فشار متوسط سیستم $Pav =$     | ۷/۵۰                                  | ۵/۵۱                                   |
| چگالی سیستم بیشتر از ۲۰ انشعاب بر کیلومتر است بنابراین بهترین تخمین برابر است با $Pav$ سیستم = |                              |                                  |             |                     |                                          |                                    |                                       |                                        |
|                                                                                                |                              |                                  |             |                     |                                          |                                    | ۷/۵۰                                  | متر                                    |

برای هر زون، یا چگونگی و چرایی انتخاب AZP، یا چرایی محاسبات فشار متوسط ناحیه را نپذیرند. می‌توان از این وقایع، که متأسفانه بیش از حد تکرار می‌شود، پرهیز کرد (Lambert, 2013). شکل ۱ فشار متوسط ناحیه در زمانی که تراز ارتفاعی در نقطه CP و نقطه ورودی برابر / نابرابر باشند را نشان می‌دهد.

#### ۴- فاکتور روز-شب NDF

##### ۴-۱- شناخت و بیان مسئله

شکل ۲ نمودار جریان ورودی و فشار متوسط ناحیه برای یک منطقه ایزوله (DMA) که به‌صورت ثقلی تأمین آب می‌شود را نشان می‌دهد. در ساعات اولیه بامداد (به‌طور معمول بین ساعت ۱ تا ۴ صبح) مصرف شبانه مشترکین در حداقل و نشت در حداکثر مقدار خود به‌دلیل حداکثر فشار متوسط در شب است. با تخمین مصرف شبانه مشترکین در زمان جریان شبانه حداقل، جریانی که باقی می‌ماند نشت است. این نشت فقط برای سیستم‌های توزیع از منابع تأمین تا نقطه مصرف مشترک نیست، بلکه شامل شبکه‌های داخلی مشترکین نیز هست. در شکل ۲ مشاهده

#### ۳-۳- گام‌های اساسی FAVAD، استفاده از یک روش سیستماتیک و قابل‌ممیزی برای محاسبه فشار متوسط

یک روش سیستماتیک برای هر زون، گام‌های اساسی دنبال شده زیر است:

گام ۱: محاسبه یک میانگین وزنی تراز ارتفاعی زمین (WAGL)<sup>۹</sup> برای یک پارامتر زیرساختی مناسب (معمولاً انشعابات مشترکین، طول خطوط اصلی یا شیرهای آتش‌نشانی)؛

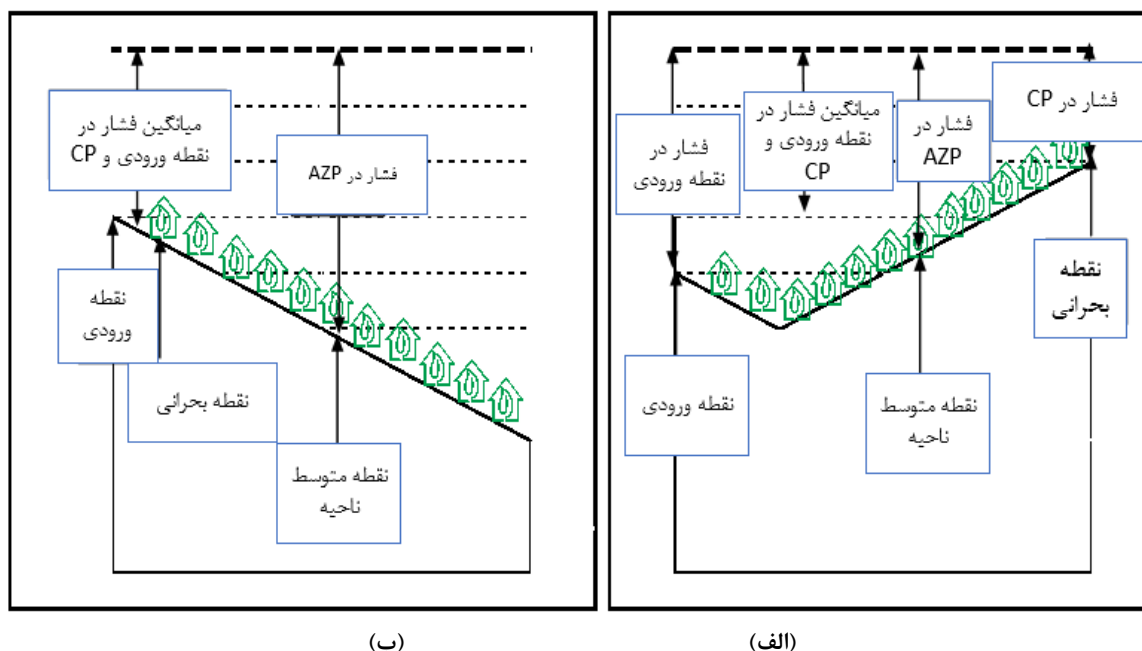
گام ۲: انتخاب یک شیر آتش‌نشانی مناسب نزدیک مرکز زون به‌عنوان نقطه متوسط ناحیه، به‌طور تقریبی برابر با میانگین وزنی تراز ارتفاعی زمین؛

گام ۳: به‌دست آوردن فشارهای متوسط در نقطه AZP به‌وسیله اندازه‌گیری یا ارزیابی غیرمستقیم؛

گام ۴: ثبت روش استفاده شده برای محاسبه WAGL، AZP و فشار متوسط، همراه با یک ممیزی دقیق.

در خصوص هریک از گام‌های فوق به‌طور مفصل در دستورالعمل نرم‌افزار AZP&NDFCalcs بحث شده است. ذکر این نکته ضروری است که کوتاهی در ثبت صحیح این اطلاعات کلیدی منجر به این می‌شود که پرسنل جدید، AZP تعریف شده

می‌شود که مصرف مشترکین و جریان ورودی در طول ۲۴ ساعت تغییر می‌کند، متوسط فشار در سیستم تغییر می‌کند و (به‌دلیل این‌که نرخ جریان نشت با فشار تغییر می‌کند) نرخ‌های جریان نشت نیز تغییر می‌کند. بنابراین در این DMA که تأمین آب



است با:

شکل ۳ نمودار جریان ورودی و فشار متوسط ناحیه برای یک DMA که به صورت پمپاژ (که با شیرهای کنترل فشار با کنترلگرهای تعدیل شده براساس جریان، مدیریت فشار می شود) تأمین آب می شود را نشان می دهد. جایی که متوسط فشار در شب کمتر از آن در طول روز است. در این حالت که تأمین آب به صورت پمپاژ است، متوسط نشت روزانه بیشتر از حد متوسط ۲۴ برابر نشت در شب است (به متر مکعب بر ساعت) (Lambert, 2010).

$$L_{4-5} = L_{3-4} \times (AZP_{4-5} / AZP_{3-4})^{N1} \quad (1)$$

که  $AZP_{4-5}$  متوسط فشار مابین ساعت ۴ تا ۵ است.  $L_{5-6}$  (متوسط نرخ نشت از ساعت ۵ تا ۶ صبح) از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$L_{5-6} = L_{4-5} \times (AZP_{5-6} / AZP_{4-5})^{N1} \quad (2)$$

که  $AZP_{5-6}$  متوسط فشار مابین ساعت ۵ تا ۶ است. برای محاسبه فاکتور روز-شب از رابطه (۳) استفاده می‌شود.

$$\text{NDF} = \{\text{مجموع نشت ۲۴ ساعته}\} / L_{3-4} \quad (3)$$

با توجه به این که در رابطه (۳) در صورت کسر نیز  $L_{3-4}$  وجود دارد، رابطه (۴) با ساده سازی معادله رابطه (۳) به دست می آید.

$$NDF = \{(AZP_{0-1}/AZP_{3-4})^{N_1} + (AZP_{1-2}/AZP_{3-4})^{N_1} \dots (AZP_{23-24}/AZP_{2-4})^{N_1}\} \quad (9)$$

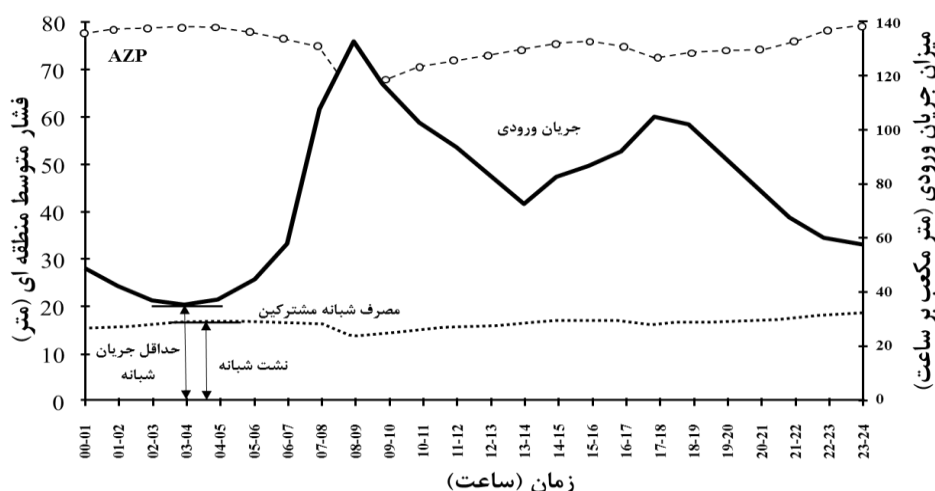
بر اساس رابطه (۴) مشاهده می‌شود برای محاسبه NDF تنها به

۴-۲- محاسبه فاکتور روز - شب

برای محاسبه NDF ابتدا یک نقطه متوسط ناحیه (AZP) در یک زون تعریف شود. سپس فشار نقطه متوسط با استفاده از یک دیتالاگر یا ثبات فشار به مدت یک هفته ترجیحاً با بازه زمانی ده دقیقه اندازه‌گیری شود. با وارد کردن فشارهای متوسط در هر ساعت و هم‌چنین  $N_1$  با روش FAVAD در نرم‌افزار AZP&NDF به راحتی فاکتور روز-شب محاسبه می‌شود (Lambert, 2013; Lambert, 2002). روش اندازه‌گیری  $N_1$  با استفاده از آزمون شبانه است، اما معمولاً در بازه ۱/۵-۱ بسته به جنس لوله ارزیابی شده است (Lambert, 2017). برای توجیه نحوه محاسبه این فاکتور فرض کنید  $L_{3-4}$  نرخ نشت در حداقل جریان شبانه و  $AZP_{3-4}$  نیز فشار متوسط ناحیه در زمان وقوع حداقل نرخ نشت شبانه باشد.  $L_{3-4}$  و  $AZP_{3-4}$  از ساعت ۳ تا ۴ صبح اتفاق افتاده است، بنابراین  $L_{4-5}$  (متوسط نرخ نشت از ساعت ۴ تا ۵ صبح) برابر

محاسبه فشار متوسط ناحیه و توان  $N_1$  نیاز است (Lambert, 2013) ; معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، ۱۳۹۱). در سیستم‌های ثقلی مطابق شکل ۲، NDF حداکثر تا ۲۴ ساعت در روز محاسبه شده است. ولی در سیستم‌های پمپاژ مطابق شکل ۳، NDF بیشتر از ۲۴ ساعت در روز محاسبه خواهد شد.

محاسبه فشار متوسط ناحیه و توان  $N_1$  نیاز است (Lambert, 2013) ; معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، ۱۳۹۱). در سیستم‌های ثقلی مطابق شکل ۲، NDF حداکثر تا ۲۴

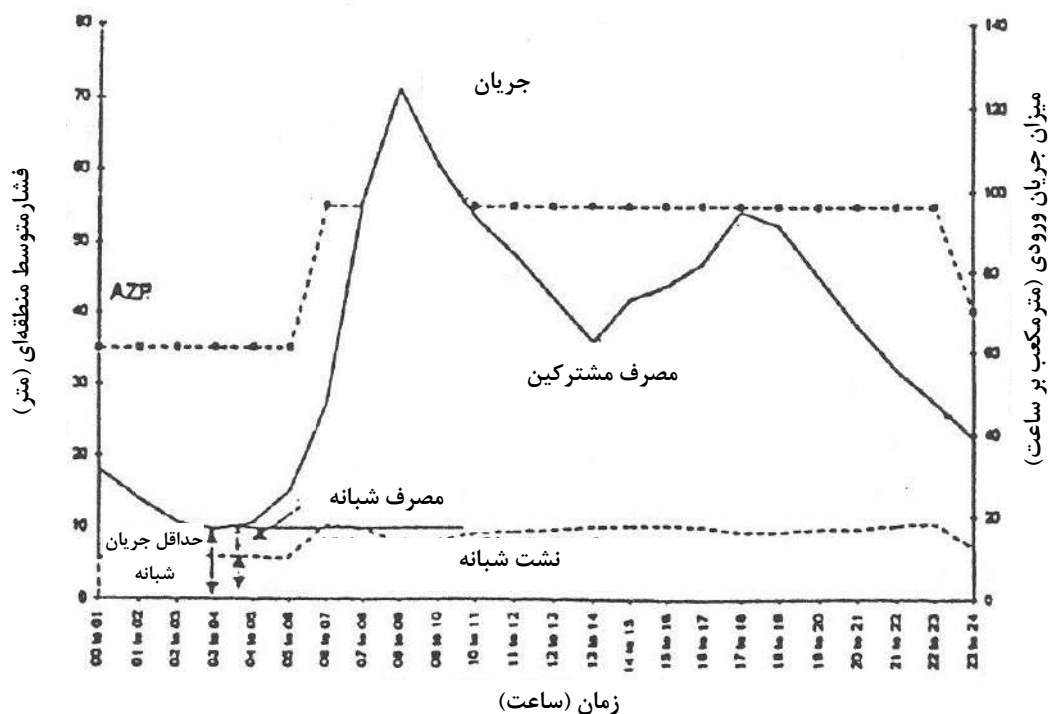


شکل ۲- نمودار ۲۴ ساعته نشت برای یک DMA با تأمین آب به صورت ثقلی (Lambert, 2013)

۳-۴- چگونه از فاکتور روز-شب استفاده ن زمان در طول شبانه روز (ساعت) ت شبانه برابر ۵ مترمکعب بر ساعت و فاکتور روز-شب برای استفاده از فاکتور روز-شب مراحل زیر باید انجام شود:

- محاسبه نرخ نشت خالص شبانه به مترمکعب بر ساعت از جریان حداقل شبانه یا MNF (نرخ نشت خالص شبانه بعد از کسر مصارف مجاز شبانه به دست می آید)؛
- ضرب نرخ نشت شبانه در فاکتور روز-شب.

به عنوان مثال اگر فرض شود در یک سیستم منحصر به فرد که حدود ۲۰٪ خطا در محاسبات را موجب می شود.



شکل ۳- نمودار ۲۴ ساعته نشت برای یک DMA با تأمین آب به صورت پمپاژ (Lambert, 2013)



Lambert, A., (2013), *Guidelines relating to the assessment and calculation of average pressure in water distribution systems and zones*, ILMSS Ltd/Wide Bay Water Corporation, <https://www.leakssuitelibrary.com/>.

Lambert, A., and Taylor, R., (2010), *Water loss guidelines*, Water New Zealand, New Zealand

Lambert, A., and Mckenzie, R., (2002), *Benchmarking of water losses in New Zealand (Incorporating the user manual for the BenchlossNZ Software: Version 1A*, User New Zeland Water & Wastes Association, <http://www.nzwwa.org.nz/>.

Lambert, A., Fantozzi, M., and Shepherd, M., (2017), "FAVAD pressure and leakage: How does pressure influence  $N_1$ ?", *IWA Water Efficient Conference*, Bath, UK.

Lambert, A., (2013), *AZP&NDFCalcs free software, International Version*, Version 1c, ILMSS Ltd.

اندازه گیری و ارزیابی های قابل اعتماد از فشارهای سیستم های توزیع بنابر یک سری دلایل مدیریتی و تفاسیر تحلیلی و اطلاعاتی ضروری است. فشار متوسط ناحیه PAV برای محاسبه شاخص عملکرد کلیدی، شاخص نشت زیرساخت ILI، ضروری است. همچنین فشار متوسط ناحیه در شب (AZNP) یک پارامتر کلیدی برای انواع دیگری از محاسبات مدل سازی شده برپایه جریان های شبانه است. بنابراین اتخاذ یک روش سیستماتیک برای محاسبه آن ارزشمند است. نرخ جریان نشت با متوسط فشار ناحیه تغییر می کند. با توجه به این که با تغییر فشار متوسط یک سیستم در طول ۲۴ ساعت نرخ جریان نشت نیز تغییر می کند، بنابراین نمی توان به سادگی با ضرب نرخ نشت شبانه در ۲۴ ساعت نشت روزانه را به دست آورد. برای تبدیل نرخ نشت شبانه برحسب مترمکعب بر ساعت به نرخ نشت متوسط روزانه برحسب مترمکعب بر روز ضرورت دارد تا نرخ نشت شبانه به فاکتور روز-شب NDF با واحد ساعت بر روز ضرب شود. نرم افزار AZP&NDFCalcs کلیه این محاسبات را به سادگی انجام می دهد.

## ۶- قدردانی

در پایان مناسب است از جناب آقای آلن لمبرت با بیش از ۵۰ سال تجربه به دلیل تلاش فراوان در حوزه آب بدون درآمد و انتشار رایگان بسیاری از مقالات و نرم افزارهای کاربردی و در دسترس قرار دادن نرم افزار AZP&NDFCalcs تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از آقایان دکتر تابش و دکتر جلیلی قاضی زاده نیز به دلیل تلاش های فراوان در حوزه هدررفت آب و راهنمایی و هدایت اینجانب صمیمانه سپاسگزارم.

## ۷- پی نوشت ها

- 1- Fixed and Variable Area Discharges
- 2- Average Zone Point
- 3- Night-Day Factor
- 4- Background and Bursts Estimates
- 5- Average Pressure
- 6- Unavoidable Annual Real Losses
- 7- Infrastructure Leakage Index
- 8- Average Zone Pressure at Night
- 9- Weighted Average of Ground Level
- 10- District Metering Area

## ۸- مراجع

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، (۱۳۹۱)، *راهنمای شناخت و بررسی عوامل مؤثر در آب به حساب نیامده*

#### Technical Note

#### یادداشت فنی

### Investigation the Possibility of Using Torbat-Heydarieh Urban Wastewater for Irrigation of Agricultural Products

### بررسی امکان سنجی بهره‌گیری از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری تربت حیدریه برای آبیاری محصولات کشاورزی

Yahya Choopan<sup>1\*</sup> and Somayeh Emami<sup>2</sup>

1- Ph.D. Candidate of Irrigation and Drainage, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Gorgan University, Gorgan, Iran.

2- Ph.D. Candidate of Hydraulic Structures, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran.

\* Corresponding author, Email: [yahyachoopan68@gmail.com](mailto:yahyachoopan68@gmail.com)

Received: 30/10/2018

Revised: 17/12/2019

Accepted: 05/01/2020

یحیی چوپان<sup>۱\*</sup> و سمیه امامی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۲- دانشجوی دکتری سازه‌های آبی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

\* نویسنده مسئول، ایمیل: [yahyachoopan68@gmail.com](mailto:yahyachoopan68@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۰۸

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۸/۰۹/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۱۵

#### Abstract

#### چکیده

Reuse of municipal wastewater, especially for irrigation of agricultural crops due to reduced water extraction from conventional limited resources, has been of interest to researchers in recent years. In the use of wastewater for irrigation, it is necessary to pay attention to its quality. In arid and semi-arid regions, the major crop irrigation is using groundwater resources. Therefore, the use of wastewater treatment plants for irrigation is a reasonable solution to reduce the adverse effects of groundwater abstraction. In this study, chemical and microbial analysis of treated wastewater of Torbat-Heydarieh municipal wastewater plant for crops irrigation was investigated. According to the results of this study, the wastewater is in terms of quality characteristics of the wastewater in accordance with WHO and FAO standards and is suitable for irrigation of agricultural products. The results of chemical analysis of wastewater showed that total dissolved solids, dissolved Oxygen, biological required Oxygen, chemical required Oxygen, caloric, magnesium, sodium and calcium, phosphate and chloride in wastewater treatment plant. According to the World Health Organization (FAO) and FAO standards, the amount of nitrate in the treatment plant is above the permitted level and some precautions should be considered for use in agricultural applications.

استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری به‌ویژه برای آبیاری محصولات کشاورزی به‌دلیل کاهش میزان استحصال آب از منابع محدود متعارف، در سال‌های اخیر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. در استفاده از پساب برای آبیاری، توجه به کیفیت آن ضروری است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک عمده آبیاری محصولات کشاورزی با استفاده از منابع آب زیرزمینی صورت می‌گیرد. لذا استفاده از پساب فاضلاب تصفیه‌خانه‌ها برای آبیاری، یک راه‌کار منطقی در جهت کاهش اثرات سوء ناشی از برداشت آب‌های زیرزمینی به حساب می‌آید. در همین راستا، در تحقیق حاضر، به بررسی تحلیل شیمیایی و میکروبی پساب تصفیه شده تصفیه‌خانه فاضلاب شهری تربت حیدریه برای آبیاری محصولات کشاورزی پرداخته شد. طبق نتایج این تحقیق، پساب مزبور از لحاظ مشخصه‌های کیفی پساب در محدوده استانداردهای سازمان جهانی بهداشت (WHO) و FAO بوده و مناسب آبیاری محصولات کشاورزی است. نتایج تحلیل شیمیایی پساب فاضلاب نشان داد که کل جامدات محلول، اکسیژن محلول، اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، کلیفرم، کاتیون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم و آنیون‌های سولفات، فسفات و کلراید در پساب تصفیه شده تصفیه‌خانه تربت حیدریه در حد استاندارد آبیاری محصولات است. بر اساس استانداردهای سازمان جهانی بهداشت (WHO) و FAO، میزان نترات موجود در پساب تصفیه‌خانه بالاتر از حد مجاز قرار داشته و برای استفاده در آبیاری محصولات کشاورزی باید تمهیداتی اندیشیده شود.

**Keywords:** Chemical analysis, Wastewater reuse, Urban wastewater plant, Agriculture.

**کلمات کلیدی:** تحلیل شیمیایی، استفاده مجدد از پساب، تصفیه‌خانه شهری، کشاورزی.

ابریشمی (۱۳۹۲)، تأثیر پرورش گیاه تحت شرایط آبیاری با پساب خروجی از تصفیه خانه فاضلاب شهرک شهید محلاتی تهران را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد پساب خروجی از تصفیه خانه فاضلاب شهرک شهید محلاتی از لحاظ مشخصه های کیفی پساب در محدوده استانداردهای سازمان محیط زیست ایران و سازمان بهداشت جهانی بوده و مناسب آبیاری فضای سبز است. بدلیانس و همکاران (۱۳۹۲)، در پژوهشی به امکان سنجی استفاده مجدد از پساب تصفیه شده برای آبیاری فضای سبز پرداختند. در این پژوهش مشخصه های کیفی تصفیه فاضلاب در فاضلاب ورودی و پساب خروجی تصفیه خانه به مدت ۶ ماه جمع آوری شد. نتایج نشان داد پساب خروجی تصفیه خانه محلاتی از لحاظ مشخصه های کیفی پساب در محدوده استانداردهای سازمان محیط زیست ایران و سازمان بهداشت جهانی بوده و مناسب آبیاری فضای سبز است. انبیر و نوری (۱۳۹۷) کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب شهری اکباتان را برای کاربرد در اراضی کشاورزی و فضای سبز بررسی نمودند. نتایج نشان داد که کیفیت پساب خروجی از نظر تمامی پارامترها در مقایسه با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست مطابقت دارد و این پساب قابلیت استفاده در آبیاری فضای سبز و کشاورزی را دارد.

نعیمی (۱۳۹۳) تأثیر استفاده مجدد از پساب تصفیه خانه شهرک قدس در آبیاری فضای سبز شهری را مورد بررسی قرار دادند. نتایج به دست آمده در ارتباط با پارامترهای مورد نظر نشان داد که استفاده از پساب این تصفیه خانه در آبیاری فضای سبز در مقایسه با استاندارد سازمان محیط زیست با محدودیت روبه رو است. مهرآوران و همکاران (۱۳۹۴)، امکان استفاده از پساب تصفیه شده تصفیه خانه پرکندآباد مشهد در آبیاری را با توجه به اثرات زیست محیطی آن مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد پساب تصفیه شده تصفیه خانه پرکندآباد جهت مصارف کشاورزی مناسب است. عسگری و الباجی (۱۳۹۶) امکان استفاده از پساب تصفیه خانه فاضلاب شهری شهرکرد برای آبیاری محصولات کشاورزی را بررسی کردند. نتایج نشان داد پساب تصفیه خانه فاضلاب شهری شهرکرد برای آبیاری گیاهان علوفه ای و صنعتی مقاوم به غلظت های بالای بی کربنات مناسب است.

حاتمی و همکاران (۱۳۹۷) قابلیت استفاده مجدد از پساب تصفیه خانه فاضلاب شهرستان بجنورد را برای مصارف کشاورزی بررسی نمودند. نتایج نشان داد پساب خروجی از تصفیه خانه بجنورد می تواند برای کاربرد در کشاورزی مفید باشد، اما به دلیل بالا بودن غلظت کلراید در پساب تصفیه شده، توصیه می شود این پساب در آبیاری گیاهان نیمه حساس استفاده شود. استفاده مجدد از پساب تصفیه شده فاضلاب شهری برای

آب ضروری ترین عامل توسعه جوامع انسانی بوده و ایران از جمله کشورهایی است که تأمین آب برای مصارف مختلف از دغدغه های مهم دولت مردان در راستای توسعه پایدار محسوب می شود. تاکنون حجم قابل توجهی از منابع آبی کشور به دلیل کیفیت پایین، مورد استفاده قرار نگرفته و یا در استفاده از آن ها ضوابط و معیارهای محیط زیستی لحاظ نشده است. اما باور این است که بخشی از این منابع که مشکلات کیفی کمتری داشته یا مشکلات آن ها با اتخاذ روش های کاربردی مناسب قابل اغماض است، باید با در نظر گرفتن مسائل محیط زیستی در برنامه های توسعه و بهره وری منابع آب گنجانده شوند. مطابق با قانون توزیع عادلانه آب، فاضلاب ها و آب های برگشتی به عنوان یکی از منابع آبی محسوب می شوند. در حال حاضر، تعداد زیادی از سیستم های جمع آوری و تصفیه فاضلاب در سطح کشور به بهره برداری رسیده و حجم پساب قابل توجهی در دسترس است (معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۹).

در استفاده از پساب برای آبیاری محصولات کشاورزی، توجه به کیفیت آن ضروری است. در صورت استفاده غیراصولی، مواد سمی و میکروارگانیسم های بیماری زا در پساب های خانگی می تواند سلامت گیاه را به خطر بیندازد. برخی از پساب ها که برای آبیاری استفاده می شوند حاوی یون هایی چون بر (B)، کلر (Cl)، سدیم (Na) و عناصر کمیاب (آلومینیوم، برلیوم، کبالت، فلئور، آهن، لیتیم، منگنز، مولیبدن، سلنیوم، قلع، تیتانیوم، تنگستن و وانادیوم) در غلظتی بیش از حد نیاز گیاه هستند. این حالت باعث کاهش رشد، تغییر شکل گیاه و یا کاهش و از بین رفتن محصول می شود (معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۹؛ ندافی و نبی زاده، ۱۳۸۴).

باید اذعان داشت پساب، مصرف کودهای کشاورزی از ته، سفره و پتاسه را کاهش می دهد (عرفانی آگاه و علیزاده، ۱۳۷۹؛ Gamito et al., 1999). کیفیت بالای پساب خروجی و مقایسه آن با استانداردهای آبیاری برای مصارف کشاورزی، انگیزه استفاده از پساب تصفیه خانه فاضلاب را در آبیاری گیاهان مورد توجه قرار داده است. استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی باعث کاهش استفاده از آب هایی می شود که علاوه بر کشاورزی می تواند به مصارف دیگر نظیر شرب برسد (Gamito et al., 1999). هم چنین پایین بودن هزینه استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری، کاهش آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی و کاهش هزینه مصرف کودهای شیمیایی از دیگر مزایای استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی است (عرفانی آگاه و علیزاده، ۱۳۷۹؛ Gamito et al., 1999). بخش کشاورزی با توجه به مصرف بالای آن دارای بزرگترین پتانسیل برای استفاده مجدد از

## ۲- مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر برای بررسی استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری شهرستان تربت‌حیدریه برای مصارف کشاورزی در سال ۱۳۹۴ به‌صورت ماهانه نمونه‌برداری و پارامترهای کاتیون‌ها، آنیون‌ها، هدایت الکتریکی (EC)، pH، TDS، SAR، کلیفرم، فسفات و نیترات، BOD و COD، کدورت، نماد روده‌ای و تراکم کل کلیفرم انجام شد. برای انجام این تحقیق، از پساب خروجی تصفیه‌شده برداشت شده که نتایج تحلیل آن در جدول ۱ آمده است.

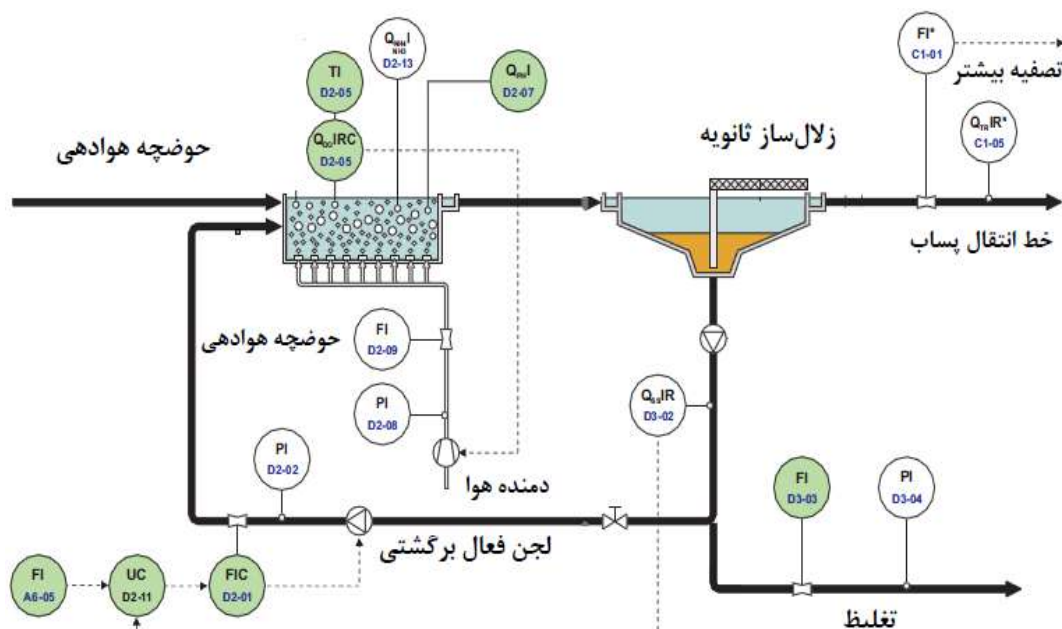
جدول ۱- نتایج آنالیز شیمیایی و بیولوژیکی فاضلاب تصفیه‌شده شهری

| آزمایش                     | واحد اندازه‌گیری            | نتایج آزمایش | استاندارد آبیاری |
|----------------------------|-----------------------------|--------------|------------------|
| اسیدیته                    | -                           | ۷/۴          | ۷-۹              |
| کل جامدات محلول            | (mg.Kg <sup>-1</sup> )      | ۱۰۴۴         | ۱۵۰۰-۳۰۰۰        |
| املاح معلق                 | (mg.Kg <sup>-1</sup> )      | ۹۲           | ۱۰۰              |
| چربی                       | (mg.Kg <sup>-1</sup> )      | ۵۶           | ۱۰               |
| کدورت                      | NTU                         | ۶/۵          | ۵۰               |
| اکسیژن محلول               | (mg.Kg <sup>-1</sup> )      | ۹/۶          | ۲                |
| اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی | (mg.Kg <sup>-1</sup> )      | ۵۵           | ۱۰۰              |
| اکسیژن مورد نیاز شیمیایی   | (mg.Kg <sup>-1</sup> )      | ۱۲۰          | ۲۰۰              |
| کلیفرم                     | N (100 mg <sup>-1</sup> )   | ۲۰۰          | ۴۰۰              |
| کلسیم                      | (mg.Kg <sup>-1</sup> )      | ۵۲/۸         | ۲۵۰              |
| منیزیم                     | (mg.Kg <sup>-1</sup> )      | ۳۵/۵         | ۱۰۰              |
| سولفات                     | (mg.Kg <sup>-1</sup> )      | ۸۴/۹         | ۵۰۰              |
| کلراید                     | (mg.Kg <sup>-1</sup> )      | ۶۰/۸         | ۶۰۰              |
| نیترات                     | (mg.Kg <sup>-1</sup> )      | ۳/۱          | ۰/۵              |
| فسفات                      | (mg.Kg <sup>-1</sup> )      | ۱/۵          | -                |
| سرب                        | (mg.Kg <sup>-1</sup> )      | ۰/۰۴         | ۵                |
| مس                         | (mg.Kg <sup>-1</sup> )      | ۰/۰۱         | ۰/۲              |
| فیکال کلیفرم               | MPN (100 mg <sup>-1</sup> ) | ۳۲۰۰         | ۱۰۰۰             |
| نماد روده‌ای               | N (100 mg <sup>-1</sup> )   | ۰            | ۱                |
| هدایت الکتریکی             | (dS.m <sup>-1</sup> )       | ۵/۸          | ۰/۷              |
| نسبت جذبی سدیم             | -                           | ۷/۴          | ۳                |

میزان اکسیژن محلول (DO)، pH، دبی، دما و کدورت فاضلاب ورودی و دبی لجن برگشتی، لجن مازاد، کدورت، اکسیژن محلول و pH پساب خروجی به‌صورت آنلاین توسط تجهیزات ابزار دقیق نصب شده، اندازه‌گیری و برای ثبت به دستگاه PLC ارسال می‌شود. پارامترهایی TSS، BOD<sub>5</sub> و COD در واحدهای مختلف و SVI در حوض هوادهی در آزمایشگاه تصفیه‌خانه اندازه‌گیری و ثبت می‌شود (شکل ۱). بهره‌بردار با توجه به داده‌های ثبت شده به‌صورت ساعتی و روزانه، میزان لجن برگشتی موردنیاز را به‌صورت تجربی و محاسباتی به‌دست می‌آورد و تعداد پمپ لجن برگشتی و مازاد را مشخص می‌کند و برای اجرا به اپراتور اعلام می‌کند.

آبیاری محصولات کشاورزی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک راه‌کار مناسبی برای حفظ منابع آب موجود است. لذا در این پژوهش، با توجه به قرارگیری شهرستان تربت‌حیدریه در اقلیم گرم و خشک و همچنین کمبود آب در این مناطق، خصوصیات پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری تربت‌حیدریه به‌عنوان منبع آبی مطمئن و پایدار و همچنین به‌عنوان روشی برای مدیریت پساب و کاربرد آن در آبیاری محصولات کشاورزی منطقه بررسی می‌شود.

تصفیه‌خانه فاضلاب تربت‌حیدریه از نوع تصفیه فاضلاب با طرح لجن فعال از نوع هوادهی گسترده است. ظرفیت متوسط و حداکثر ظرفیت آن به‌ترتیب ۱۵۰ و ۳۰۰ لیتر در ثانیه است. مراحل تصفیه فاضلاب در این تصفیه‌خانه شامل، آشغال‌گیر، دانه‌گیر با هوادهی، واحد اندازه‌گیری جریان، واحد تصفیه بیولوژیکی به‌روش لجن فعال (هوادهی گسترده)، ته‌نشینی ثانویه، واحد گندزدایی UV است (شکل ۱). لجن فعال توسط دستگاه الکتروپمپ لجن کش مستغرق فاضلابی با ظرفیت ۲۷۰ مترمکعب به حوضچه تقسیم حوض‌های هوادهی وارد و لجن مازاد با استفاده از دستگاه الکتروپمپ لجن کش مستغرق فاضلابی با ظرفیت ۳۶ مترمکعب به لاگون‌های لجن ارسال می‌شود (شرکت مه‌اب قدس، ۱۳۸۰).



شکل ۱- شماتیک تجهیزات ابزار دقیق نصب شده در واحد بیولوژیکی

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- کل مواد جامد محلول

براساس نتایج ارائه شده در جدول ۱، کل جامدات محلول در پساب تصفیه شده تصفیه خانه فاضلاب شهری تربت حیدریه ۱۰۴۴ میلی گرم در کیلوگرم است که از حداقل استاندارد آبیاری برای کشاورزی کم تر بوده و برای آبیاری محصولات کشاورزی مشکلی ایجاد نمی کند.

#### ۳-۲- نیاز اکسیژن بیوشیمیایی (BOD)

مقدار BOD فاضلاب در زمان های مختلف متغیر بوده و برای پساب تصفیه شده تصفیه خانه فاضلاب شهری تربت حیدریه مقدار ۵۵ میلی گرم در کیلوگرم به دست آمد که برای آبیاری محصولات کشاورزی مناسب و قابل قبول است. همچنین مقادیر تقریبی BOD پنج روزه برای آب های مختلف در جدول ۳، ارائه شده است.

جدول ۳- مقادیر تقریبی BOD<sub>5</sub> برای آب های مختلف (برحسب میلی گرم بر لیتر)

| BOD <sub>5</sub> | نوع آب             | BOD <sub>5</sub> | نوع آب               |
|------------------|--------------------|------------------|----------------------|
| ۸                | آب نیمه کثیف       | صفر              | آب خالص، آب آشامیدنی |
| ۲۰               | آب خیلی کثیف       | ۱                | آب کاملاً تمیز       |
| ۲۰۰              | فاضلاب خانگی رقیق  | ۳                | آب نسبتاً تمیز       |
| ۳۰۰              | فاضلاب خانگی متوسط | ۱ تا ۳           | آب رودخانه تمیز      |
| ۴۰۰              | فاضلاب خانگی غلیظ  | ۳ تا ۵           | آب رودخانه متوسط     |

#### ۳-۳- نیاز اکسیژن شیمیایی (COD)

COD برای پساب تصفیه شده تصفیه خانه فاضلاب شهری تربت حیدریه، ۱۲۰ میلی گرم در کیلوگرم به دست آمده است که بر

شوری با استفاده از دستگاه EC متر مدل ۶۶۴ در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و اسیدیته توسط دستگاه pH متر مدل ۲۶۲ اندازه گیری شد. برای تعیین کلسیم و منیزیم از روش تتراسیون با اتیلن دی آمین تتراسات با غلظت ۰/۰۲ مولار و سدیم پتاسیم از دستگاه فلیم فتومتر با محلول های استاندارد استفاده شد. برای محاسبه میزان کلر از روش تتراسیون استفاده و اسید سولفوریک ۰/۰۲ نرمال در حضور معرف فنل فتالین و سولفات روش توربیدو متری اندازه گیری شد. سنجش کدورت با استفاده از روش نفولومتري یا تفریق سنجی با استفاده از دستگاه کدورت سنج مدل AQUA LYTIC با دامنه کاربرد ۰ تا ۱۰۰۰ صورت گرفت. اندازه گیری BOD و COD نمونه ها به ترتیب با استفاده از دستگاه های COD مدل AQUA LYTIC و دستگاه BOD متر دیجیتالی مدل AQUA LYTIC انجام گرفت (ترکیان، ۱۳۷۴؛ چوپان و همکاران، ۱۳۹۷). برای ارزیابی عملکرد تصفیه خانه تربت حیدریه پس از بررسی لازم در محل، مقادیر BOD<sub>5</sub> و COD به صورت هفتگی آزمایش شد. نمونه ها به مدت یک سال و شامل ۲۰۰ داده به صورت هم زمان از کانال ورودی و خروجی تصفیه خانه جمع آوری شده و در همان محل تصفیه خانه و طبق روش های استاندارد موجود آزمایش شد. استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست برای دفع فاضلاب و استفاده مجدد از پساب در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران برای دفع فاضلاب و استفاده مجدد از پساب

| آلاینده                                 | تخلیه به آب های سطحی | تخلیه به چاه | مصارف کشاورزی و آبیاری |
|-----------------------------------------|----------------------|--------------|------------------------|
| BOD <sub>5</sub> (mg.Kg <sup>-1</sup> ) | ۳۰                   | ۳۰           | ۱۰۰                    |
| COD (mg.Kg <sup>-1</sup> )              | ۴۰                   | ۶۰           | ۲۰۰                    |



اساس نتایج (جدول ۱ و ۲)، در محدوده مناسب برای آبیاری محصولات کشاورزی است. مقدار COD فاضلاب از BOD بیش‌تر بوده، زیرا ترکیبات اکسید شده به‌روش شیمیایی بیش‌تر از روش بیولوژیک است (چوپان و همکاران، ۱۳۹۷؛ Crites and Tchobanoglous, 1998).

### ۳-۱۰- فیکال کلیفرم

در مورد فیکال کلیفرم، مقدار میانگین آن برابر با MPN  $(100 \text{ mg}^{-1})$  ۳۲۰۰ حاصل شد که بالاتر از حد مجاز استاندارد آبیاری قرار دارد.

### ۳-۱۱- ترکیبات غیر آلی سمی

با توجه به نتایج مندرج در جدول ۱، میزان سمیت یون‌های موجود در پساب تصفیه‌خانه در حد نسبی بوده و در استفاده برای آبیاری محصولات کشاورزی باید تدابیری از جمله تصفیه مجدد اندیشیده شود.

### ۳-۱۲- آلاینده‌های غیر آلی

داده‌های به‌دست آمده نشانگر این است که میانگین مقدار سرب و مس در پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری تربت‌حیدریه برابر با  $0/04$  و  $0/01$  میلی‌گرم در کیلوگرم است که بر اساس استانداردهای سازمان جهانی بهداشت (WHO) و FAO در حد مجاز برای آبیاری محصولات کشاورزی است.

### ۳-۱۳- هدایت الکتریکی و نسبت جذبی سدیم

بر اساس رهنمود تفسیر کیفیت آب آبیاری Ayers and Westcot (1994) کاربرد پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری تربت‌حیدریه از نظر مشکلات شوری ( $7/4$ ) و براساس مقدار هدایت الکتریکی پساب ( $0/63 \text{ dS/m}^{-1}$ ) بدون محدودیت بود.

### ۳-۱۴- مقایسه نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعات دیگر

بر اساس پژوهش‌های مشابهی که بر روی تصفیه‌خانه‌های شهرک صنعتی جهان‌آباد میبد و شهرک صنعتی سلمان‌شهر صورت گرفت، عملکرد مناسب تصفیه‌خانه‌ها، پساب برای تخلیه به آب‌های سطحی، چاه جاذب و مصارف کشاورزی، مناسب تشخیص داده شد (حاتمی و همکاران، ۱۳۹۷؛ دهقانی فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین مطالعات صورت‌گرفته بر روی تصفیه‌خانه شهرک صنعتی شماره ۲ اهواز نشان داد پساب خروجی این تصفیه‌خانه هم‌خوانی مطلوبی با استانداردهای محیط‌زیستی و استانداردهای ورود به اراضی زراعی دارد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارند (دژکام و خواجه حسینی، ۱۳۹۰). بررسی شرایط کیفی پساب تصفیه‌خانه شهر صنعتی البرز استان قزوین نشان داد که برخی از پارامترهای کیفی این تصفیه‌خانه بیش از حد مجاز بوده و نیاز به تصفیه بیش‌تری دارد

### ۳-۴- کلیفرم

با توجه به مقدار میانگین پارامترهای میکروبی، تراکم کلیفرم در پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری تربت‌حیدریه در گروه B قرار دارد که مطابق با استانداردهای سازمان جهانی بهداشت (WHO) است.

### ۳-۵- کدورت

مقدار متوسط کدورت پساب خروجی (NTU) برابر  $6/5$  تعیین شد. براساس استاندارد تعیین شده پارامتر کدورت برای مصارف کشاورزی و آبیاری که حد مجاز  $50$  NTU تعیین شده است، مقدار متوسط کدورت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری تربت‌حیدریه در محدوده مجاز قرار دارد.

### ۳-۶- نیترات

مقدار نیتروژن پساب خروجی، برابر با  $3/1$  میلی‌گرم در کیلوگرم حاصل شد که براساس استانداردهای سازمان جهانی بهداشت (WHO) و FAO ( $0/5$  میلی‌گرم در کیلوگرم) بالاتر از حد مجاز قرار داشته و برای استفاده در مصارف کشاورزی باید تمهیداتی لحاظ شود.

### ۳-۷- فسفات

میزان فسفات در تحقیق حاضر  $1/5$  میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد که در حد استاندارد آبیاری ( $10$  گرم در کیلوگرم) قرار دارد.

### ۳-۸- سولفات

میانگین مقدار داده‌ها نشان داد که سولفات پساب خروجی برابر با  $84/9$  میلی‌گرم در کیلوگرم است که در مقایسه با کاربرد پساب در بخش مصارف کشاورزی و آبیاری در حد مجاز استاندارد آبیاری بوده ( $500$  میلی‌گرم در کیلوگرم) و برای مصارف کشاورزی مشکلی به‌وجود نمی‌آورد.

### ۳-۹- کلراید

مقدار میانگین کلراید پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری تربت‌حیدریه برابر  $608$  میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد که براساس استانداردهای سازمان جهانی بهداشت (WHO) و

که در مورد پارامتر کلراید با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. طی تحقیقی پتانسیل‌های استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه‌شده شهری بر روی پساب چهار تصفیه‌خانه منتخب در کشور ترکیه انجام شد. نتایج نشان داد پساب تصفیه‌خانه‌های مورد مطالعه از نظر پارامترهای کنترلی متداول و فلزات سنگین مناسب هستند. نتایج تحقیق مذکور با نتایج پژوهش حاضر تا حدودی مطابقت دارد. مطالعه‌ای که بر روی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک صنعتی شکوهیه قم انجام شد (محمودیان و همکاران، ۱۳۸۷)، بیانگر آن بود که پساب برای تخلیه به آب‌های خروجی و چاه در محدوده مجاز قرار ندارد و تنها گزینه مورد نظر برای دفع پساب، استفاده در بخش کشاورزی و آبیاری است که با نتایج پژوهش حاضر در تناقض است.

#### ۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

براساس نتایج مشاهده تحلیل شیمیایی پساب فاضلاب تصفیه‌شده شهری می‌توان بیان کرد که عناصر موجود در پساب همگی در محدوده قابل قبول و مورد استفاده برای کشاورزی هستند. فلزات سنگین در این پساب نیز برای محصولات مانند جو، گندم و پنبه که در منطقه مورد کشت قرار دارند، مشکلی ایجاد نمی‌کند. میزان اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی به ترتیب برابر با ۵۵ و ۱۲۰ به دست آمد که در حد مجاز استاندارد آبیاری است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد مقادیر متوسط پارامترهای کیفی مورد بررسی از پساب فاضلاب خروجی تصفیه‌خانه تربت حیدریه به غیر از کلراید در محدوده استاندارد و حد مجاز برای مصارف کشاورزی و آبیاری قرار دارند که ممکن است عملکرد محیط‌زیستی نامطلوب پارامتر کلراید را در پی داشته باشد. بنابراین پساب فاضلاب تصفیه‌شده شهری تربت حیدریه برای استفاده محصولات منطقه مانعی ایجاد نمی‌کند، لیکن برای گیاهان دیگر بایستی تحقیقات جامع دیگری انجام شود.

#### ۵- مراجع

ابریشمی، ع.، و بدلیانس قلی‌کندی، گ.، (۱۳۹۲)، "استفاده مجدد از فاضلاب شهری تصفیه‌شده در آبیاری فضای سبز، مطالعه موردی: تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک شهید محلاتی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، گروه مهندسی محیط‌زیست-آب و فاضلاب، دانشکده آب و محیط‌زیست، پردیس فنی مهندسی شهید عباسپور، دانشگاه شهید بهشتی. انبیر، ل.، و نوری، ز. (۱۳۹۷)، "بررسی کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری اکباتان جهت کاربرد در اراضی

کشاورزی و فضای سبز"، نشریه مدیریت اراضی، ۶(۱)، ۹۵-۱۰۲.

بدلیانس قلی‌کندی، گ.، ابریشمی، ع.، شوییدی، ع.، و جمشیدی، ش.، (۱۳۹۲)، "امکان‌سنجی استفاده مجدد از پساب تصفیه شده برای آبیاری فضای سبز (مطالعه موردی پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهید محلاتی)"، همایش ملی بازیافت آب، راهبردی اصولی برای مدیریت بحران آب، ۱۵ آبان، اصفهان.

ترکیان، ا.، (۱۳۷۴)، مهندسی محیط‌زیست، انتشارات کنکاش، تهران.

چوپان، ی.، خاشعی سیوکی، ع.، و شهیدی، ع.، (۱۳۹۷)، "ارزیابی اثرات فاضلاب تصفیه شده شهری بر خصوصیات شیمیایی خاک تحت کشت پنبه"، نشریه علوم و مهندسی آب و فاضلاب، ۳(۲)، ۶۱-۶۸.

حاتمی، ط.، نادعلی، ا.، روشنایی، ق. ا.، و شکوهی، ر.، (۱۳۹۷)، "امکان‌سنجی استفاده مجدد از پساب خروجی فرآیند هوادهی گسترده تصفیه فاضلاب شهر بجنورد جهت مصارف کشاورزی و آبیاری"، مجله علمی پژوهان، ۱۶(۳)، ۲۰-۲۸. دژکام، ص.، و خواجه حسینی، ل.، (۱۳۹۰)، "امکان‌سنجی استفاده مجدد از فاضلاب شهرک صنعتی شماره ۲ اهواز برای آبیاری اراضی کشاورزی و فضای سبز"، پنجمین همایش تخصصی مهندسی محیط‌زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران.

دهقانی فیروزآبادی، ع.، زرعی محمودآبادی، ه.، و احرامپوش، م. ح.، (۱۳۹۶)، "بررسی استفاده مجدد از پساب شهرک‌های صنعتی جهت مصارف کشاورزی و آبیاری (مطالعه موردی: تصفیه‌خانه شهرک صنعتی جهان آباد میبد)"، مجله طلوع بهداشت، ۱۶(۳)، ۴۶-۵۵.

شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس، (۱۳۸۰)، "طراحی، ساخت، نصب و بهره‌برداری از تصفیه‌خانه فاضلاب تربت حیدریه"، شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی، ۳۴-۷۲.

عابدی، م. ج.، و نجفی، پ.، (۱۳۸۱)، استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.

عرفانی آگاه، ع.، و علیزاده، ا.، (۱۳۷۹)، "استفاده از فاضلاب تصفیه شده خانگی در آبیاری"، سومین همایش ملی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی کرمان، کرمان.

عسگری، ع.، و الباجی، م.، (۱۳۹۶)، "بررسی امکان استفاده از پساب در کشاورزی (مطالعه موردی: پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری شهرکرد)"، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۴(۲)، ۳۰۳-۳۰۸.

محمودیان، م.ح.، فهیمی‌نیا، م.، سپهرنیا، ب.، و حیدری، ا.، (۱۳۸۷)، "بررسی وضع موجود و عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک صنعتی شکوهیه قم - در سال ۱۳۸۶"، یازدهمین همایش ملی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان.

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور، (۱۳۸۹)، *ضوابط زیست‌محیطی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پساب‌ها*، نشریه شماره ۵۳۵، تهران، ایران.

مهرآوران، ب.، انصاری، ح.، بهشتی، ع. ا.، و اسماعیلی، ک.، (۱۳۹۴)، "بررسی امکان استفاده از پساب تصفیه شده در آبیاری با توجه به اثرات زیست‌محیطی آن (مطالعه موردی پساب خروجی تصفیه‌خانه پرکندآباد مشهد)"، *مجله آبیاری و زهکشی/ایران*، ۹(۳)، ۴۴۰-۴۴۷.

ندافی، ک.، و واعظی، ف.، (۱۳۸۴)، "بررسی عملکرد لاگون‌های هوادهی در تصفیه فاضلاب شهرک صنعتی بوعلی همدان"، *مجله آب و فاضلاب*، ۱۶(۲)، ۴۷-۵۳.

نعیمی، ل.، (۱۳۹۳)، "بررسی تاثیر استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب در فضای سبز شهری به‌منظور توسعه پایدار (مطالعه موردی: شهر اراک)"، *دومین همایش ملی و تخصصی پژوهش‌های محیط‌زیست/ایران*، انجمن ارزیابان محیط‌زیست هگمتانه، همدان.

Ayers, R.S., and Westcot, D.W., (1994), "Water quality for agriculture", FAO Irrigation and Drainage Paper, Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome, No. 29, 174p.

Crites, R.W., and Tchobanoglous, G., (1998), *Small and decentralized wastewater management systems*, McGraw-Hill, New York, N Y 1998.

FAO, (1992), "Wastewater treatment and use in agriculture", In: *Pescod, M.B. (ed.), Irrigation and Drainage*, Rome.

Gamito, P., Arsenio, A., Faleiro, M.L., Brito, J.M., and Beltrao, J., (1999), "The influence of wastewater treatment of irrigation water quality", *International Workshop on Improved Crop Quality by Nutrient Management*, Izmir, Turkey, 267-270.

WHO, (1989), *Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture*, WHO Technical Report Series, 778, Geneva.

#### Technical Note

#### یادداشت فنی

### How to Supply Drinking Water by Implementing Dual Plans in Small Communities (Case Study: Kowsar Complex, Ferdows)

Yaser Jamshidi Moghadam<sup>1\*</sup>, Hajar Nowroozi<sup>2</sup> and  
Navid Abdollahi<sup>3</sup>

1- M.Sc. in Environmental Health Engineering, Quality Control Expert, Ferdows Rural Water and Wastewater, South Khorasan Province, Iran.

2- M.Sc. in Environmental Health Engineering, South Khorasan Province, Iran.

3- M.Sc. in Water and Wastewater Engineering, Manager of Ferdows Rural Water and Wastewater Company, South Khorasan Province, Iran.

\* Corresponding author, Email: [yaser.jm1366@yahoo.com](mailto:yaser.jm1366@yahoo.com)

Received: 12/01/2019

Revised: 11/01/2020

Accepted: 03/02/2020

### نحوه تأمین آب شرب با اجرای طرح‌های دوگانه در اجتماعات کوچک (مطالعه موردی: مجتمع کوثر، فردوس)

یاسر جمشیدی مقدم<sup>۱\*</sup>، هاجر نوروزی<sup>۲</sup> و نوید عبدالحی<sup>۳</sup>

۱- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، کارشناس کنترل کیفیت، آب و فاضلاب روستایی فردوس، خراسان جنوبی، ایران.

۲- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، خراسان جنوبی، ایران.

۳- کارشناس ارشد مهندسی عمران آب و فاضلاب، مدیر شرکت آب و فاضلاب روستایی فردوس، خراسان جنوبی، ایران.

\* نویسنده مسئول، ایمیل: [yaser.jm1366@yahoo.com](mailto:yaser.jm1366@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۲

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۸/۱۰/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۴

#### Abstract

With increasing population, reducing the per capita amount of water resources and increasing the physical, chemical and microbial contamination of water, water crisis is one of the major global problems. The purpose of this study is to examine the use of dual system for rural communities in Ferdows city. The study options include the installation of desalination water with a separate network, the establishment of fixed tanks in the villages and water supply by mobile tankers, alley-to-alley traffic, and the use of mobile tankers or routine methods, the transfer of drinking water through the creation of a dual network in the village. And the construction of water harvesting platforms, supply of drinking water by the construction of an industrial sweetener plant and the connection to the village distribution network and Use Freshwater Cards Sales Economically and risky, the study was prioritized. According to the results, the cost of supplying drinking water by Use Freshwater Cards Sales per cubic meter is 8000 Rial, but with a mean risk of 20.33, it has the highest risk among the options. The transfer of drinking water through the creation of a dual network in the village economically, at a cost of 15000 Rial, is the second economic priority, with a mean risk of 6.5% with the lowest risk which can be considered as a priority for integrated water supply, given its economic status. Due to regional climate change and frequent droughts, creating a dual network is the most effective way to deal with problems.

**Keywords:** Drinking water, Dual network, Small gatherings.

#### چکیده

با افزایش جمعیت، کاهش سرانه ذخیره منابع آبی و افزایش آلودگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب، بحران آب به‌عنوان یکی از معضلات بزرگ جهانی مطرح شده است. هدف از این تحقیق بررسی استفاده از سیستم دوگانه برای مجامع روستایی شهرستان فردوس است. گزینه‌های مورد مطالعه شامل نصب و راه‌اندازی آب‌شیرین‌کن با شبکه مجزا، استقرار تانکرهای ثابت در سطح روستاها و آبرسانی توسط تانکر سیار، پیمایش کوچه به کوچه و استفاده از تانکر سیار یا روش سقایی، انتقال آب شرب به‌وسیله ایجاد شبکه دوگانه در روستا و احداث سکوها برداشت آب، تأمین آب شرب به‌وسیله احداث تأسیسات آب‌شیرین‌کن صنعتی و اتصال به شبکه توزیع روستا و استفاده از دستگاه‌های فروش کارتی آب شیرین از نظر اقتصادی و ریسک انجام آن، مطالعه و اولویت‌بندی شد. طبق نتایج به‌دست آمده هزینه تأمین آب شرب به‌وسیله فروش آب و راه‌اندازی دستگاه کارتی به‌ازای هر مترمکعب ۸۰۰۰ ریال است. اما با ریسک متوسط ۲۰/۳۳ دارای بالاترین ریسک در بین گزینه‌ها است. انتقال آب شرب به‌وسیله ایجاد شبکه دوگانه در روستا و احداث سکوها برداشت آب از لحاظ اقتصادی با هزینه ۱۵۰۰۰ ریال دومین اولویت اقتصادی است که با میانگین ریسک ۶/۵۲ درصد دارای کمترین مقدار ریسک است که می‌تواند به‌عنوان اولویت تأمین آب مجتمع قرار گیرد. با توجه به تغییر اقلیم منطقه و خشکسالی‌های مکرر، ایجاد شبکه دوگانه کارآمدترین گزینه مقابله با مشکلات مربوطه است.

**واژه‌های کلیدی:** شبکه دوگانه، آب شرب، اجتماعات کوچک.

مختلف مدیریت آب متفاوت است (قندهاری و همکاران، ۱۳۹۶). به طوری که ۴۵ میلیون نفر در ۲۹ کشور جهان از کمبود آب رنج می‌برند و بیشترین نگرانی‌های مرتبط با آب در مناطق خشک و نیمه خشک بوده و بیش از ۸۰ درصد بیماری‌ها در سطح دنیا را بیماری‌هایی با منشأ آب تشکیل می‌دهد (Raygan et al., 2012).

با توجه به این که پایداری سیستم‌های منابع آب، تابع عوامل مختلف اقتصادی-محیط‌زیستی-اجتماعی است؛ بنابراین در ارزیابی گزینه‌های تامین آب، بررسی اثرات متقابل پارامترهای مختلف از عوامل فوق و ریسک‌های ناشی از آن‌ها، لازم و ضروری است. بسیاری از پارامترها و ارتباط بین آن‌ها در سیستم‌های مدیریت آب به علت خطا در داده‌برداری، ناکافی بودن اطلاعات، پیچیدگی سیستم‌های آبی و غیره همراه با عدم قطعیت بالا و ریسک فراوان است (Maqsood et al., 2005; McIntyre et al., 2003). نتایج اکبرپور و همکاران (۱۳۸۸) نشان داد استفاده از سیستم‌های دوگانه در درازمدت برای تامین آب روستاهای مجتمع از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است.

به طور کلی می‌توان گفت شهرستان‌های استان خراسان جنوبی از جمله شهرستان فردوس هم از این امر مستثنی نبوده و جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌روند. به دلیل موقعیت قرارگیری استان در حاشیه شرقی کویر لوت و شرایط نامساعد آب و هوایی، فاصله بین ایستگاه‌های منطقه زیاد و تعداد آن نیز کم است. با این وجود از آن‌جا که خشک‌سالی یک پدیده منطقه‌ای است، برای بررسی ویژگی‌های آب و هوایی آن از سایر ایستگاه‌های هم‌جوار نیز استفاده شده است. میانگین بارش در خراسان جنوبی طی دوره آماری (۱۹۹۰-۲۰۱۴) حدود ۱۵۵ میلی‌متر است (جهانگیر و سارانی‌راد، ۱۳۹۸). در واقع متوسط بارندگی آن کمتر از نصف متوسط کشوری است. از طرف دیگر به دلیل خشک‌سالی‌های ۱۸ سال گذشته و برداشت بیش از حد از منابع آبی برای کشاورزی و با توجه به عدم کیفیت منابع آبی در مناطق روستایی، وضع تأمین آب شرب نگران کننده است. در همین راستا برای تأمین رضایت مشترکین و صرفه‌جویی در مصرف آب با کیفیت مطلوب، اقدام به دوشبکه‌ای نمودن برخی روستاها و تأمین مجزای آب برای مصارف شرب و بهداشت شده است.

نتایج تحقیق دانشجو و همکاران (۱۳۹۱) بر روی کاربرد سیستم‌های آبرسانی دوگانه در شهر مشهد نشان داد هنگامی که نرخ بهره سالیانه کاهش داشته باشد، با توجه به اختلاف قیمت‌ها در تصفیه آب، به کارگیری سیستم توزیع دوگانه به علت کاهش هزینه‌های اولیه، صرفه‌جویی دارد. نتایج تحقیق شکوهی و همکاران (۱۳۹۳) بر روی زیرساخت‌های تامین آب پایدار نشان داد سیستم توزیع دوگانه آب با کیفیت بالا و آب با کیفیت پایین

امروزه با افزایش جمعیت، کاهش سرانه ذخیره منابع آبی و افزایش آلودگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب، بحران آب به عنوان یکی از معضلات بزرگ جهانی مطرح شده است (Raygan et al., 2012). پس از یخچال‌ها، منابع آب زیرزمینی دومین منبع آب شیرین موجود در جهان است. در نقاطی که آب‌های سطحی مانند دریاچه‌ها و رودخانه‌ها وجود نداشته و یا غیرقابل استفاده باشند نیازهای آبی توسط منابع آب زیرزمینی برطرف می‌شود (مردان و اله، ۱۳۹۷). به استثنای مواردی محدود، ملت‌ها و کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا هم اکنون به محدودیت‌های منابع آبی و محیط‌زیستی خود رسیده و یا نزدیک شده‌اند. برخی از اقدامات صورت گرفته مثل قیمت‌گذاری بالاتر برای آب کارآمدی را افزایش داده است. با این وجود عوامل دیگری چون تغییرات آب و هوایی، درگیری‌های مستمر، جمعیت زیاد، مصرف‌گرایی و تغییرات شدید آب و هوایی مشکلات این مناطق را پیچیده‌تر ساخته است. نبود تکنولوژی مناسب و مدیریت کارآمد و مناسب برای منابع محدود آب، آبیاری گسترده و غیر اصولی از جمله مشکلات دیگر منطقه است. خاورمیانه و شمال آفریقا ۵ درصد جمعیت جهان را دارد، اما تنها صاحب یک درصد آب شیرین جهان است (Brooks, 2007).

برداشت بی‌رویه از مخازن آب زیرزمینی موجب شده که میزان تغذیه آبخوان جوابگوی نیاز نبوده و سطح آب زیرزمینی افت نماید. کاهش سطح آب در سفره‌های آب شیرین باعث تغییر جهت آب از سمت سفره‌های آب شور و کاهش کیفیت این سفره‌ها شده است (Zhu et al., 2004). به طور کلی برداشت بی‌رویه از منابع آب شیرین بالاخص در مناطق کویری و گرم و خشک، نفوذ آب‌های شور به آبخوان‌های شیرین را در پی داشته است. به طوری که طبق بررسی انجام شده میزان کل جامدات محلول بعضی از منابع آبی شهرستان فردوس از جمله چاه اصلی مجتمع باغستان از زمان حفر و بهره‌برداری طی مدت یک دهه از ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به مقدار فعلی (تقریباً ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) رسیده است. ضمن این که عمق اکثر چاه‌ها تا حدود ۳۰۰ متر کف‌شکنی شده است. در برخی از نقاط روستاها گزارشات و مشاهداتی مبنی بر برداشت آب توسط روستاییان از منابع آبی کشاورزی یا حوض‌انبارهای خودگردان وجود شد که غالب آن‌ها اگرچه مطلوبیت بیشتری داشتند اما از نظر کمی و مالکیت و ملزومات و پارامترهای بهداشتی دارای شرایط مناسبی نبودند.

در مدیریت سیستم‌های منابع آب، دیدگاه‌ها و نگرش‌های متفاوت افراد و در نتیجه عدم قطعیت‌های رفتاری افراد مختلف، تصمیم‌گیری را پیچیده کرده؛ چرا که افراد مختلف دارای منافع و خواسته‌های متعدد بوده و از دیدگاه ایشان اهمیت موضوعات

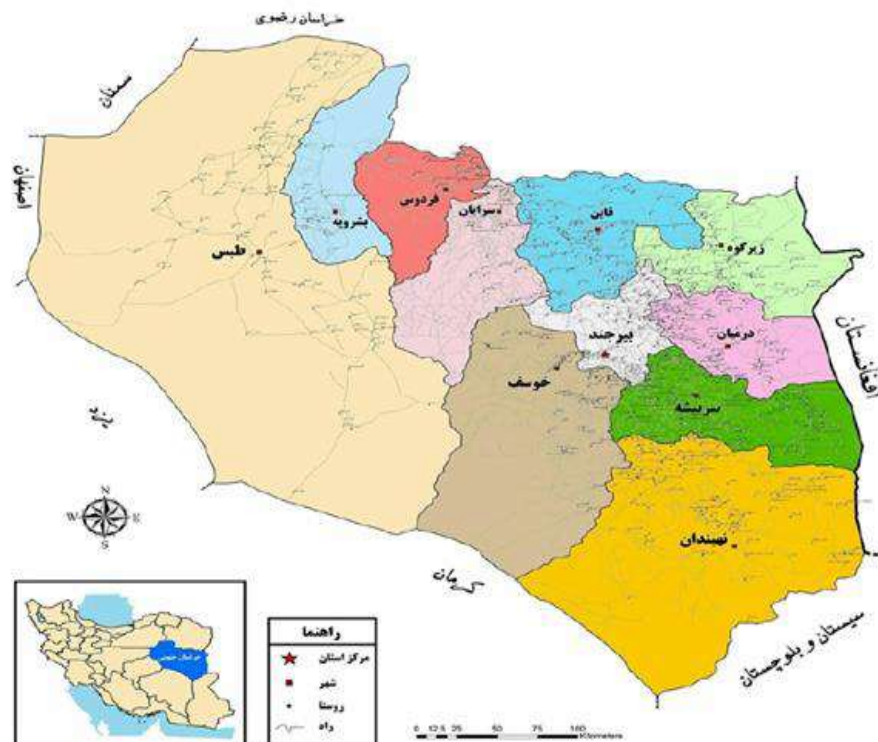


تقاضا)،

- استفاده از دو منبع تأمین آب در روستاها در مواقع بروز بحران به‌ویژه در استان مرزی خراسان جنوبی (مدیریت ریسک).

## ۲- مواد و روش‌ها

شهرستان فردوس به مرکزیت شهر فردوس، در شمال استان خراسان جنوبی و بین ۳۲ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۷ درجه و ۵ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است. از شمال به استان خراسان رضوی (شهرستان‌های بردسکن و گناباد)، از جنوب به شهرستان طبس و شهرستان سراپان، از غرب به شهرستان بشرویه و از شرق به شهرستان سراپان و گناباد محدود می‌شود. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۱۲۹۳ متر است (محمدی و شیخی‌زاده، ۱۳۹۵). در شکل ۱ موقعیت شهرستان فردوس مشخص شده است.



شکل ۱- نمایی از موقعیت شهرستان فردوس در استان خراسان جنوبی

شرب به‌وسیله ایجاد شبکه دوگانه در روستا و احداث سکوها برداشت آب، تأمین آب شرب به‌وسیله احداث تأسیسات آب‌شیرین‌کن صنعتی و اتصال به شبکه توزیع روستا و استفاده از دستگاه‌های فروش کاردی آب شیرین مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت با توجه به این‌که طبق اعلام مرکز پژوهش‌های مجلس، توجیه اقتصادی لازم و مسائل اجتماعی یکی از مهم‌ترین پیش‌شرط‌های لازم برای تفکیک شبکه آب شرب با غیرشرب است، گزینه‌های مختلف از نظر اقتصادی و ریسک انجام آن مطالعه و اولویت بندی شد (عبدالمنافی و مظاهری، ۱۳۹۲).

در برخی از شهرهای سبز و پایدار، اجرا شده و نتایج خوبی را به‌همراه داشته‌است (Shokouhian and Derakhshan, 2014). طبق نتایج تحقیق (Van Briesen, 2014) بر روی زیرساخت‌های تأمین آب پایدار، این سیستم موجب کاهش هزینه‌ها شده است. چراکه گاهی آب آشامیدنی با کیفیت بالا، برای برخی مقاصد خاص نیاز نیست و بدین ترتیب در هزینه‌های تصفیه صرفه‌جویی می‌شود (Van Briesen et al., 2014). هدف از این تحقیق بررسی استفاده از سیستم دوگانه برای مجامع روستایی شهرستان فردوس است. اهداف کلی طرح عبارت است از:

- حفاظت از منابع آبی شیرین و باکیفیت شهرستان؛
- اهمیت سلامت و رفاه روستائیان و ارتقای شاخص رضایت‌مندی (مدیریت عرضه)؛
- جلوگیری از هدررفت آب با کیفیت بالا در شبکه‌های فرسوده (مدیریت تلفات)؛
- فرهنگ‌سازی و آموزش مشترکین در استفاده بهینه از منابع موجود و پرهیز از اسراف و توهم فراوان‌پنداری آب (مدیریت

در این تحقیق ابتدا خصوصیات منطقه مورد مطالعه بررسی شد. سپس گزینه‌های مختلف تأمین آب در روستاهایی که کل جامدات محلول آن طبق استاندارد ۱۰۵۳ بالاتر از حداکثر مطلوب بوده و موجب نارضایتی مشترکین شده است مطرح شد. در ادامه، مزایا و معایب، موانع و مشکلات و تجارب حاصله از گزینه‌های انجام‌شده در روستاهای مورد مطالعه شامل نصب و راه‌اندازی آب‌شیرین‌کن‌های نیمه‌صنعتی با شبکه مجزا، استقرار تانکرهای ثابت در سطح روستاها و آبرسانی توسط تانکر سیار، پیمایش کوچه‌به‌کوچه و استفاده از تانکر سیار یا روش سقایی، انتقال آب

برای ارزیابی ریسک از روش جعبه سیاه (Black box methodology) استفاده شد. در این روش، تحلیل توسط شخص با تجربه و مجرب انجام می‌شود. وی براساس تجربه خود و آشنایی با پروژه، ریسک آن را تخمین می‌زند؛ بنابراین تخمین ریسک متکی بر تجربه کارشناسی است (Tanaka et al., 2000). به‌منظور تعیین ریسک از معادلات (۱) و (۲) استفاده شد.

$$R = H * E * V \quad (1)$$

$$H = \text{احتمال} * \text{شدت} \quad (2)$$

که  $R$ : ریسک،  $E$ : در معرض بودن و  $V$ : آسیب پذیری هستند ابتدا مخاطرات گزینه‌های موردنظر شناسایی شد. سپس شدت اثر، احتمال وقوع و وزن هر یک از مخاطرات با نظر ۸ نفر از کارشناس‌های بخش‌های کنترل کیفیت، بهره‌برداری، اجرایی، مشترکین و مدیریت امور آب‌فاز فردوس تعیین و سپس میانگین سطح ریسک هریک از گزینه‌ها محاسبه شد. در این مطالعه، مقدار فاکتورهای آسیب‌پذیری و در معرض بودن برای تعدیل اثر شدت و احتمال وقوع ناشی از هر مخاطره طبق نظرات کارشناسان در نظر گرفته شد؛ زیرا خبرگان براساس یادگیری جمعی خود از جلسات بارش افکار به‌صورت ذهنی به‌میزانی که در معرض قرارگیری و آسیب‌پذیری هر گزینه ناشی از مخاطرات باشند، آگاهی نسبی می‌یابند (Pipattanapiwong, 2004). با این حال و به‌دلیل اعمال دقیق‌تر دو فاکتور مذکور، از ضریب وزنی استفاده شده است (قندهاری و همکاران، ۱۳۹۶).

هدایت الکتریکی و املاح بالا بوده که معمولاً برای شرب مناسب نیستند. بنابراین برای رفع این مشکل اقدام به آبرسانی شرب به روستاها به‌صورت مجزا از شبکه‌های آب برای مصارف بهداشتی و غیره شد. این شهرستان با ۶۵۰۰ مشترک روستایی دارای حدود ۳۰۰ کیلومتر شبکه توزیع و خط انتقال، شامل ۵ مجتمع روستایی و ۲۹ روستای تحت پوشش است که در ۳ مجتمع و ۱۷ روستا به‌علت کیفیت شیمیایی بسیار پایین منابع تأمین آب آن‌ها، از روش‌های مختلف فوق برای تأمین آب شرب اهالی استفاده شده است. مجتمع شماره ۱ شامل ۵ روستا، مجتمع شماره ۲ شامل ۳ روستا و مجتمع شماره ۳ شامل ۴ روستا هستند که در هر مجتمع از دو منبع آبی (چاه) برای تأمین آب بهداشتی روستاها استفاده می‌شود. ۵ روستای باقیمانده به‌صورت تک روستایی هستند. جمعیت و خانوار مجتمع و روستاهای مورد مطالعه طبق جدول ۱ است.

جدول ۱- جمعیت و خانوار مجتمع‌ها و روستاهای مورد مطالعه

| ردیف | نام مجتمع-روستا   | خانوار | جمعیت |
|------|-------------------|--------|-------|
| ۱    | مجتمع برون        | ۵۴۱    | ۱۳۷۷  |
| ۲    | مجتمع باغستان     | ۹۷۰    | ۳۱۶۴  |
| ۳    | مجتمع کوثر        | ۵۲۳    | ۱۷۷۹  |
| ۴    | روستای آبدکی      | ۱۱     | ۴۹    |
| ۵    | روستای مهران کوشک | ۱۱۰    | ۲۶۵   |
| ۶    | روستای چاهنو      | ۵۹     | ۲۱۷   |
| ۷    | روستای کجه        | ۹۶     | ۳۱۶   |
| ۸    | روستای پولوند     | ۷      | ۲۱    |

کیفیت منابع آبی مجتمع‌ها و روستاهای مورد مطالعه به‌شرح جدول ۲ است.

### ۳- مطالعه موردی

شهرستان فردوس جزء شهرهای کویری و دارای منابع آبی با

جدول ۲- کیفیت منابع آب مجتمع‌ها و روستاهای مورد مطالعه

| میزان کلرور (Mg/l) | میزان سدیم (Mg/l) | سختی کل (Mg/l $\text{CaCO}_3$ ) | کل مواد جامد محلول ( $\mu \text{ mhos/cm}$ ) | موقعیت چاه          |
|--------------------|-------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|---------------------|
| ۲۴۵                | ۳۷۵               | ۵۵                              | ۱۰۵۷                                         | مجتمع برون چاه ۱    |
| ۲۳۰                | ۳۳۸               | ۴۱۳                             | ۱۴۰۳                                         | مجتمع برون چاه ۲    |
| ۴۵۵                | ۲۴۰               | ۵۶۹                             | ۱۲۱۶                                         | مجتمع باغستان چاه ۱ |
| ۸۱۱                | ۴۱۷               | ۹۳۷                             | ۲۰۵۲                                         | مجتمع باغستان چاه ۲ |
| ۸۹۰                | ۶۲۹               | ۴۷۰                             | ۲۱۸۹                                         | مجتمع کوثر چاه اصلی |
| ۱۶۰۰               | ۱۵۰۰              | ۷۵۵                             | ۵۰۲۳                                         | مجتمع کوثر چاه رزرو |
| ۶۱۲                | ۸۵۸               | ۱۷۱                             | ۲۶۵۱                                         | آبدکی               |
| ۲۹۶۳               | ۲۲۶۵              | ۱۱۱۲                            | ۷۴۲۵                                         | چاهنو               |
| ۱۳۸۰               | ۹۵۵               | ۸۱۶                             | ۳۵۱۹                                         | مهرانکوشک           |
| ۲۵۴۱               | ۱۹۹۱              | ۱۲۸۱                            | ۶۸۵۳                                         | کجه و پولوند        |
| ۱۱۷۳               | ۹۵۷               | ۶۵۸                             | ۳۳۳۹                                         | میانگین             |

نظر به این که تأمین آب شرب روستایی در روستاهای شهرستان فردوس با روش های متنوعی انجام شده، مزایا و معایب و مشکلات و موانع هر روش با توجه به تجارب به دست آمده، بررسی می شود.

### ۳-۱- مزایا و معایب، موانع و مشکلات و تجارب حاصله از اقدامات انجام شده

#### ۳-۱-۱- تأمین آب شرب به وسیله نصب و راه اندازی آب شیرین کن نیمه صنعتی در مناطق روستایی با شبکه مجزا

در این روش بخشی از آب چاه های مجتمع کوثر به وسیله آب شیرین کن های نیمه صنعتی RO تصفیه و به وسیله شبکه مجزا در روستا توزیع می شود. ظرفیت آب شیرین کن های نیمه صنعتی ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ لیتر بر شبانه روز است و برای مواردی که نیاز آب شرب کم باشد مورد استفاده قرار می گیرد.

#### الف- مزایا:

- تأمین آب شرب با کیفیت شیمیایی در حد مطلوب و قابل کنترل؛
- مناسب برای مناطق روستایی به دلیل ظرفیت پایین تولید آب و داشتن توجیه اقتصادی از این منظر؛
- امکان پراکندگی بیشتر در سطح روستا و کوتاه شدن مسیر دسترسی به آب به ویژه توسط سالمندان؛
- صرف هزینه اولیه پایین به دلیل هزینه پایین خرید دستگاه نیمه صنعتی؛
- امکان قرارگیری در محیط های عمومی مانند مساجد و مدارس و ... در فضای کم.

#### ب- معایب:

- راهبری و بهره برداری، نگهداری و تعمیرات دستگاه نیاز به نیروی آگاه و متخصص در زمینه آب شیرین کن ها دارد؛
- تحمیل هزینه های گزاف برای نظارت و تعمیرات دستگاه به دلیل پراکندگی و مسافت روستاها و مسیرهای خاکی که باعث عدم رغبت در نگهداری از دستگاه ها می شود؛
- عدم پرداخت آب بها به دلیل نبودن نیروی لازم که در روستاهای دوردست و کم جمعیت توجیهی برای به کارگیری نیروی خاص این امر وجود ندارد؛
- جنس مخازن ذخیره آب دستگاه های آب شیرین کن نیمه صنعتی از جنس پلی اتیلن بوده و باعث نفوذ نور و ایجاد جلبک در مخزن ذخیره آب دستگاه می شود؛
- تولید فاضلاب آب شیرین کن ها در محل برداشت آب و از محل

تصفیه خود آب شیرین کن نیاز به تدابیر محیط زیستی و صرف هزینه و وقت دارد؛

- مشکلات مربوط به محل نصب دستگاه در روستا از حیث دسترسی روستائیان به محل برداشت آب و نگهداری و حراست آن از نظر بهداشتی و امنیتی.

### ۳-۱-۲- تعبیه تانکر ثابت گالوانیزه در محل های مختلف روستا و تأمین آب به وسیله تانکر سیار

در این روش تانکرهای ثابت مخصوص آب شرب در روستا مستقر و از شهر فردوس توسط تانکر سیار آگیری می شوند.

#### الف- مزایا:

- مناسب برای مناطق روستایی به دلیل وزن و حجم کم با قابلیت جابجایی و داشتن توجیه اقتصادی از این منظر؛
- صرف هزینه اولیه پایین؛
- امکان قرارگیری در محل های پر رفت و آمد، اماکن عمومی و ...

#### ب- معایب:

- میزان مصرف آب و در نهایت تعداد دفعات آبرسانی به روستا توسط تانکر غیرقابل پیش بینی و معمولاً توسط مشترکین اعلام یا رانندگان تانکر سیار بر حسب تجربه اقدام به حمل آب می کنند که برخی موارد این امر باعث اتلاف وقت و هزینه ها می شود؛
- کلر باقی مانده در فاصله زمانی آبرسانی مجدد به دلیل زمان ماند طولانی و یا آفتاب و گرما از بین می رود و امکان مخاطرات بهداشتی از نظر آلودگی ثانویه در ظروف برداشت آب افزایش می یابد؛
- زمان ماند طولانی آب در تانکر که در محیط باز در معرض سرما یا آفتاب و گرما قرار گرفته، مشکلاتی در خصوص مطلوبیت و گوارایی آب به وجود می آورد؛
- قرارگرفتن تانکرهای آب شرب در معابر، مخاطراتی از نظر امنیتی، زنگ زدگی و فرسایش به دلیل بارندگی و شرایط محیطی دارد؛
- برداشت رایگان آب علی رغم تحمیل هزینه به شرکت.

### ۳-۱-۳- پیمایش کوچه به کوچه و استفاده از تانکر سیار یا روش سقایی

در این روش تانکرهای سیار مخصوص آب شرب دارای شیر برداشت به صورت دوره ای و منظم در روستا مستقر می شوند و روستائیان نسبت به برداشت و ذخیره آب مورد نیاز خود تا نوبت بعدی آبرسانی اقدام می نمایند.

## الف - مزایا:

بهداشتی و شیمیایی آب آشامیدنی به دلیل داشتن تأسیسات منسجم؛

- در اختیار داشتن آب با کیفیت شیمیایی مطلوب برای مصارف بهداشتی و آشامیدن در منازل برای مشترکین؛
- دسترسی آسان در تمام نقاط برداشت روستا؛
- فروش آب طبق تعرفه از استفاده کنندگان.

## ب - معایب:

- هزینه اولیه خرید، راه اندازی، نگهداری و بهره برداری قابل توجه است؛
- به دلیل حجم بالای آب مورد تصفیه، نیاز به سرویس مستمر و دوره ای دستگاه وجود دارد؛
- نداشتن نیروی متخصص در زمینه آب شیرین کن ها به خصوص انواع صنعتی و در نهایت تأخیر در سرویس و تعمیرات دستگاه که این امر نیز باعث تحمیل هزینه های بیشتر و نارضایتی مردم می شود؛
- هدررفت پساب دستگاه اسمز معکوس قابل توجه بوده و نیاز به محل تخلیه دارد.

## ۳-۱-۶- تأمین آب شرب به وسیله فروش آب و راه اندازی

### دستگاه کارتی

در این روش در هر روستا یک شبکه آب شرب از منبع آب شهر فردوس و یک شبکه بهداشتی از چاه های مجتمع کوثر طراحی می شود، با این تفاوت که آب شرب به وسیله دستگاه کارتی به فروش می رسد.

## الف - مزایا:

- کنترل و نظارت دقیق بر کیفیت و مطلوبیت آب؛
- فروش آب طبق تعرفه از استفاده کنندگان؛
- به لحاظ قرارگیری در مکان امن، نگهداری و مراقبت از دستگاه بهتر انجام می شود.

## ب - معایب:

- هزینه خرید دستگاه بالا است؛
- تعمیرات دستگاه نیاز به نیروی متخصص دارد.
- تعرفه پایین آب بها و عدم تطابق هزینه و درآمد؛
- قرارگیری در محیط بسته و قابل کنترل و اخذ انشعاب برق و ... هزینه های اولیه را زیاد می کند؛
- تهیه و شارژ مکرر کارت های اعتباری و نحوه استفاده از آن مشکلاتی را برای سالمندان، بیسوادان و سایرین ایجاد می کند؛
- امکان استفاده برای رهگذران غیربومی بدون کارت میسر نیست.

طبق جدول ۳ گزینه ها از نظر اقتصادی براساس هزینه تمام

- به دلیل کنترل بودن تانکر سیار امکان کلرزنی و گندزدایی مستمر وجود دارد؛
- به دلیل حجم کم آب و برداشت زیاد، زمان ماند آب در تانکر کمتر بوده و میزان گوارایی آب بالاتر است؛
- صرف هزینه اولیه و ثانویه پایین تر (عدم نیاز به سرمایه گذاری بالای اولیه برای راه اندازی و هزینه نگهداری پایین).

## ب - معایب:

- اتلاف وقت و انرژی و نیروی انسانی؛
- دسترسی کمتر روستاییان به آب آشامیدنی به لحاظ عدم هماهنگی زمان های آبرسانی.

## ۳-۱-۴- انتقال آب شرب به وسیله ایجاد شبکه دوگانه در روستا و احداث سکوها ی برداشت آب

در این روش در هر روستا یک شبکه آب شرب از منبع آب شهر فردوس و یک شبکه بهداشتی از چاه های مجتمع کوثر طراحی می شود.

## الف - مزایا:

- امکان کنترل بیشتر و دقیق تر از نظر بهره برداری و کنترل کیفیت بهداشتی و شیمیایی آب آشامیدنی به دلیل داشتن تأسیسات منسجم.

## ب - معایب:

- هزینه اولیه ی بسیار بالا؛
- هزینه بهره برداری بالا به دلیل وجود تأسیسات، به خصوص در مناطقی که تأسیسات آب شیرین کن صنعتی وجود دارد. هم چنین به علت محدودیت معابر، برخی از لوله ها به همراه شبکه غیرشرب در یک کانال قرار گرفته که در مواقع رفع اتفاق محدودیت هایی به همراه دارد؛
- برداشت رایگان آب از سکوها به دلیل نداشتن متولی خاص در روستا و نبود راه کار قانونی لازم برای اخذ هزینه آب بها.

## ۳-۱-۵- تأمین آب شرب به وسیله احداث تأسیسات

### آب شیرین کن صنعتی و اتصال به شبکه توزیع روستا

در این روش کل آب چاه های مجتمع کوثر به وسیله آب شیرین کن های صنعتی RO تصفیه و وارد شبکه توزیع روستا می شود.

## الف - مزایا:

- امکان کنترل بیشتر و دقیق تر از نظر بهره برداری و از نظر کیفیت

شده هر مترمکعب آب مقایسه شده است. ابتدا هزینه طراحی، اجرا و نگهداری هریک از پروژه‌ها با توجه به طول خط انتقال، شبکه توزیع، خرید آب از آب و فاضلاب شهری، نوع دستگاه

آب‌شیرین‌کن، هزینه آبرسانی سیار و... توسط تیم کارشناسی محاسبه و با توجه به آب تولیدی مقایسه شد. لازم به ذکر است قیمت تمام شده مربوط به زمان انجام تحقیق است.

جدول ۳- مقایسه گزینه‌ها از نظر اقتصادی (هزینه تمام شده هر مترمکعب آب)

| ردیف | شرح                                                                                         | هزینه یک مترمکعب آب (ریال) |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| ۱    | تأمین آب شرب به‌وسیله نصب و راه‌اندازی آب‌شیرین‌کن نیمه‌صنعتی در مناطق روستایی با شبکه مجزا | ۱۶۵۰۰                      |
| ۲    | تعبیه تانکر ثابت گالوانیزه در محل‌های مختلف روستا و تأمین آب به‌وسیله تانکر سیار            | ۱۵۵۰۰                      |
| ۳    | پیمایش کوچه‌به‌کوچه و استفاده از تانکر سیار یا روش سقایی                                    | ۱۶۰۰۰                      |
| ۴    | انتقال آب شرب به‌وسیله ایجاد شبکه دوگانه در روستا و احداث سکوهاى برداشت آب                  | ۱۵۰۰۰                      |
| ۵    | تأمین آب شرب به‌وسیله احداث تأسیسات آب‌شیرین‌کن صنعتی و اتصال به شبکه توزیع روستا           | ۱۸۵۰۰                      |
| ۶    | تأمین آب شرب به‌وسیله فروش آب و راه‌اندازی دستگاه کارتی                                     | ۸۰۰۰                       |

مخاطرات شناسایی شده گزینه‌ها براساس نظر کارشناسان به شرح جدول ۴ است.

جدول ۴- مخاطرات

| شماره گزینه     | نوع مخاطره                                   | توضیحات                                  |
|-----------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|
| H <sub>1</sub>  | بروز مشکلات اجتماعی در انجام پروژه           | عدم پذیرش مشترکین                        |
| H <sub>2</sub>  | هزینه‌های اجتماعی برای جلب رضایت مبدا و مقصد |                                          |
| H <sub>3</sub>  | امکان بروز مشکلات فنی                        | خرابی، زلزله، سیل و...                   |
| H <sub>4</sub>  | تأثیر رقابت‌های سیاسی بر انتخاب گزینه        |                                          |
| H <sub>5</sub>  | احتمال آلودگی و اثرات محیط‌زیستی             | مشکلات پساب ایجاد شده                    |
| H <sub>6</sub>  | احتمال افزایش حبابه                          | گران شدن آب دریافتی                      |
| H <sub>7</sub>  | کاهش تأمین آب به‌دلیل توسعه بالادست          | افزایش جمعیت حوزه آبریز                  |
| H <sub>8</sub>  | احتمال عدم تأمین مالی                        |                                          |
| H <sub>9</sub>  | احتمال بروز مخالفت‌های محیط‌زیستی            | مناطق حفاظت شده                          |
| H <sub>10</sub> | احتمال خرابکاری در تأسیسات                   | امکان خرابکاری و پدافند غیرعامل          |
| H <sub>11</sub> | احتمال ایجاد تغییرات اقلیمی                  | پیشروی سفره‌های آب شور، کاهش کیفیت منابع |
| H <sub>12</sub> | احتمال ایجاد مشکلات بهداشتی                  | استفاده روستاییان از منابع غیر بهداشتی   |

مطابق جدول ۵، با توجه به معادلات (۱) و (۲) و جدول ۴، ریسک متوسط، حد بالا و حد پایین ریسک برای تمام گزینه‌ها محاسبه شده است. ابتدا میانگین وزنی هر گزینه محاسبه و سپس

با فاصله امکان ۹۹٪ برای احتمال و شدت هر مخاطره حد بالا و پایین ریسک به‌دست آمد.

جدول ۵- مقایسه گزینه‌ها از نظر امکان ریسک (درصد)

| ردیف | شرح                                                                                         | ریسک متوسط | انحراف معیار | حد بالای ریسک | حد پایین ریسک |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------|---------------|---------------|
| ۱    | تأمین آب شرب به‌وسیله نصب و راه‌اندازی آب‌شیرین‌کن نیمه‌صنعتی در مناطق روستایی با شبکه مجزا | ۱۲/۲۵      | ۷/۲۳         | ۱۴/۵۲         | ۰             |
| ۲    | تعبیه تانکر ثابت گالوانیزه در محل‌های مختلف روستا و تأمین آب به‌وسیله تانکر سیار            | ۱۳/۶۸      | ۸/۵          | ۲۱/۵          | ۰             |
| ۳    | پیمایش کوچه‌به‌کوچه و استفاده از تانکر سیار یا روش سقایی                                    | ۱۷/۳۲      | ۱۲/۵         | ۳۱/۲          | ۰             |
| ۴    | انتقال آب شرب به‌وسیله ایجاد شبکه دوگانه در روستا و احداث سکوهاى برداشت آب                  | ۶/۵۲       | ۳/۳۵         | ۸/۵۶          | ۰             |
| ۵    | تأمین آب شرب به‌وسیله احداث تأسیسات آب‌شیرین‌کن صنعتی و اتصال به شبکه توزیع روستا           | ۱۲/۹۵      | ۷/۲۶         | ۲۰/۰۳         | ۰             |
| ۶    | تأمین آب شرب به‌وسیله فروش آب و راه‌اندازی دستگاه کارتی                                     | ۲۰/۳۳      | ۱/۲          | ۳۵/۴۵         | ۰             |



در این مطالعه نحوه تأمین آب شرب در روستاهای شهرستان فردوس که دارای منابع آبی با کیفیت مناسب شرب نیستند مورد بررسی قرار گرفت و مشکلات و مزایای روش‌های به‌کار گرفته‌شده بیان شد. طبق نتایج به‌دست آمده، تأمین آب شرب به‌وسیله فروش آب و راه‌اندازی دستگاه کارتی اقتصادی‌ترین گزینه مورد بررسی بود ولی دارای بالاترین مقدار ریسک در بین گزینه‌ها است. علت آن می‌تواند استفاده روستاییان از سایر منابع غیربهداشتی موجود در روستا از جمله قنات‌ها و چشمه‌ها به‌علت رایگان بودن باشد. انتقال آب شرب به‌وسیله ایجاد شبکه دوگانه در روستا و احداث سکوها برداشت آب دارای کمترین مقدار ریسک بود که با توجه به اقتصادی بودن می‌تواند به‌عنوان اولویت تأمین آب مجتمع قرار گیرد.

قندهاری و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی ارزیابی ریسک گزینه‌های تأمین آب مشهد و تعیین اولویت آن‌ها به این نتیجه رسیدند که استفاده از دامنه امکان ریسک برای اولویت‌بندی گزینه‌ها (اتخاذ تصمیمات مدیریتی) می‌تواند بسیار مفید واقع شود. فعالیت‌هایی که در زمینه ایجاد شبکه دوگانه و تفکیک آب‌ها از نظر مصارف شرب و بهداشت صورت گرفته، پیامدهایی داشته است که علاوه بر رضایت مشترکین روستایی و افزایش همگانی سطح دسترسی به آب شرب بهداشتی، باعث مدیریت منابع آب در دسترس چه قابل شرب و چه غیرقابل شرب شده است.

نتایج این تحقیق نشان داد ایجاد شبکه دوگانه تأمین آب دارای نقاط ضعف و قوت عمده‌ای است. رعایت استانداردهای آب شرب برای مصارف شرب الزامی است ولی آب بهداشتی می‌تواند با کیفیت پایین‌تری نسبت به آب شرب ارائه شود. اگرچه آب غیرشرب بهداشتی منازل مسکونی باید حداقل مقادیر کیفی استانداردهای آب شرب را رعایت نماید. از آن‌جا که مصارف شرب تنها بخش کوچکی از مصارف خانگی را شامل می‌شوند و از طرفی منابع آب با کیفیت منطقه محدود است، می‌توان با یک برنامه‌ریزی بلندمدت، استفاده از منابع آب با کیفیت منطقه را محدود به مصارف شرب کرده و برای مصارف بهداشتی از منابع آبی که از کیفیت پایین‌تری برخوردار هستند استفاده نمود. این رویکرد باعث صرفه‌جویی و حفظ منابع آب با کیفیت منطقه می‌شود. در شرایط فعلی با توجه به تغییر اقلیم منطقه و خشک‌سالی‌های مکرر، ایجاد شبکه دوگانه تأمین آب جزو گزینه‌های مقابله با مشکلات مربوطه است. بنابراین دیر یا زود باید به‌سمت این اقدامات رفت و تدابیر و سیاست‌گذاری لازم توسط دولتمردان اتخاذ شود.

در واقع با توجه به شرایط مختلف بومی و اقلیمی، فرهنگی و اجتماعی مناطق کشور نمی‌توان با کلی‌گویی و یا اتخاذ تصمیمات

عجولانه در مورد روش‌های مختلف تأمین آب شرب در مناطق روستایی، یک الگوی واحد را در نظر گرفت. برای موقعیت‌های مختلف از نظر جغرافیایی، فرهنگی و اجتماعی و با در نظر گرفتن تجارب و به‌کار بردن خلاقیت در این امر باید روش‌های متناسب برای هر موقعیت به‌کار گرفته شود. در مناطق روستایی به‌دلیل پراکندگی روستاها و مسیرهای طولانی و جمعیت‌های پایین، تأمین آب شرب به‌روش‌های نصب و راه‌اندازی آب‌شیرین‌کن‌های نیمه‌صنعتی با شبکه مجزا، استقرار تانکرهای ثابت در سطح روستاها و آبرسانی توسط تانکر سیار، پیمایش کوچه‌به‌کوچه و استفاده از تانکر سیار یا روش سقایی، انتقال آب شرب به‌وسیله ایجاد شبکه دوگانه در روستا و احداث سکوها برداشت آب، تأمین آب شرب به‌وسیله احداث تأسیسات آب‌شیرین‌کن صنعتی و اتصال به شبکه توزیع روستا و استفاده از دستگاه‌های فروش کارتی آب شیرین، علاوه بر این که از نظر اقتصادی اصلاً با هزینه‌ها هم‌خوانی ندارد، کنترل آب از نظر کلر باقی‌مانده و بهداشت آب سخت و دشوار است. بنابراین باید برای تأمین آب شرب راه‌کارهای نوین و پیشرفته در قالب طرح‌های ابتکاری در دستور کار قرار گیرد.

با توجه به کاهش شدید بارندگی و بروز خشک‌سالی‌ها و از طرفی برداشت بی‌رویه از ذخایر آب زیرزمینی، صرفه‌جویی در مصرف آب، امری بسیار قابل تأمل و حائز اهمیت است. لذا با وجود اقدامات تبلیغی و فرهنگی به‌خصوص در مقاطع سنی پایین و نقش‌آفرینی زنان، با تعدیل آب‌بهای مشترکین علاوه بر تأکید بر ارزش آب و در نهایت صرفه‌جویی افراد جامعه، قسمتی از هزینه‌های شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی که برای تأمین رفاه مردم متحمل می‌شوند جبران می‌شود.

## ۵- مراجع

اکبری‌پور، ا.، عزیزی، م.، و زوار، س.ج.، (۱۳۸۸)، "بررسی استفاده از سیستم‌های دوگانه آب در مجامع روستایی"، سومین همایش ملی آب و فاضلاب با رویکرد اصلاح الگوی مصرف، تهران، ایران.

جهانگیر، م.، و سارانی‌راد، م.، (۱۳۹۸)، "بررسی وضعیت خشک‌سالی در استان خراسان جنوبی توسط شاخص درصد بارش نرمال (PNPI) و شاخص روش استانداردسازی (Z)"، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۱، ۴۵-۵۹.

دانشجو، د.، جعفرزاده، م.، و علامتیان، ا.، (۱۳۹۱)، "کاربرد سیستم‌های آبرسانی دوگانه در شهر مشهد"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران-آب، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

عبدالمنافی، ن.، و مظاهری، م.، (۱۳۹۲)، "گزارش شبکه‌های

- دوگانه توزیع"، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، مطالعات زیربنایی (گروه آب)، تهران، ایران.
- قندهاری، ا.، داوری، ک.، و قهرمان، ب.، (۱۳۹۶)، "ارزیابی ریسک گزینه‌های تامین آب مشهد و تعیین اولویت آن‌ها"، فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری-منطقه‌ای، ۷(۲۲)، ۱۹۱-۲۰۶.
- محمدی، س.، و شیخی‌زاده، ح.، (۱۳۹۵)، "مطالعه فون‌جوندگان شهرستان فردوس"، فصلنامه علمی پژوهشی زیست‌شناسی جانوری تجربی، ۵، ۹۳-۱۰۳.
- مردان، ح.، (۱۳۹۸)، "پهنه‌بندی آسیب‌پذیری آبخوان دشت آبرفتی اردبیل با استفاده از تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل دراستیک"، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، doi: 10.22034/jest.2018.20118.2915
- Brooks, D.B., (2007), "Fresh water in the Middle East and North Africa", *Integrated Water Resources Management and Security in the Middle East*, Springer, Dordrecht, 33-64.
- Maqsood, I., Huang, G.H., and Yeomans, J.S., (2005), "An interval-parameter fuzzy two-stage stochastic program for water resources management under uncertainty", *European Journal of Operational Research*, 167, 208-225.
- Mcintyre, N.R., Wagener, T., Wheeler, H.S., and Yu, Z.S., (2003), "Uncertainty and risk in water quality modelling and management", *Journal of Hydroinformatics*, 5(4), 259-274.
- Raygan, S.A., Rezaei, S., Jamshidi, A., Fararoei, M., Sadat, A., and Hashemi, H., (2012), "Investigating the microbial and chemical quality of drinking water", *Health System Research*, 8, 431-437.
- Shokouhian, M., and Derakhahan, S., (2014), "Sustainable water supply infrastructure (by re-examining the experiences of green cities)", *International Conference on Sustainable Development, Strategies and Challenges*, Tabriz, Iran.
- Tanaka, H., Guo, P., and Türksen, I.B., (2000), "Portfolio selection based on fuzzy probabilities and possibility distributions", *Fuzzy Sets and Systems*, 111(3), 387-397.
- Turner II, B., (2010), "Vulnerability and resilience: Coalescing or paralleling approaches for sustainability science?", *Global Environmental Change*, 20, 570-576.
- Vanbriesen, J., Dzombak, D., and ZHang, L., (2014), "Sustainable urban water supply infrastructure", *Carnegie Mellon University, USA*, 427-449.
- Zhu, Y., Wu, Y., and Drake, S., (2004), "A survey: Obstacles and strategies for the development of ground-water resources in arid inland river basins of Western China", *Journal of Arid Environments*, 59, 351-367.



امنیت اطلاعات می‌پردازد؛ دفتر توسعه مدیریت که مسئولیت ساختارهای سازمانی و به‌کارگیری فناوری‌های مدیریتی مانند بهره‌وری، کیفیت، مدیریت دانش را به‌عهده دارد؛ و دفتر توسعه منابع انسانی که تدوین چارچوب‌های جذب و توسعه نیروی انسانی و نظام‌های پرداخت در زمره وظایف اصلی آن است.

### \* لطفاً دستاوردهای مهم این معاونت در طول دوران فعالیت آن را ذکر کنید.

- بنده حدود یک‌سال است که این مسئولیت را پذیرفته‌ام. در این مدت علاوه بر استمرار فعالیت‌های ارزشمند گذشته، براساس یک برنامه دوساله تلاش کرده‌ام در هریک از حوزه‌های فوق اقدامات تاثیرگذاری را شروع و حتی‌الامکان در این مدت به نتایج قابل‌قبولی برسانم. در حوزه آموزش، پژوهش و فناوری برنامه‌هایی مانند راه‌اندازی پارک علم و فناوری نیرو، راه‌اندازی کارخانه نوآوری آب و آبفا، به‌روزرسانی نظام نامه مدیریت و راهبری پژوهش و فناوری و اخذ مصوبات لازم برای تخصیص ۲ درصد درآمدهای صنعت آب و برق به امر آموزش، تحقیقات و فناوری، طراحی و استقرار زیست‌بوم نوآوری نیرو، تدوین و ابلاغ شیوه‌نامه حمایت از شرکت‌های فناور و دانش‌بنیان، استقرار نظام‌نامه صلاحیت حرفه‌ای نیروی انسانی شرکت‌های پیمانکار، بازنگری، به‌روزرسانی و ارتقای نیازهای آموزشی مشاغل صنعت آب و برق، ابلاغ و راهبری اجرای آیین‌نامه مشترک دانشگاه‌ها و صنعت آب و برق و ایجاد و به‌روزرسانی شبکه علمی متخصصین صنعت آب و برق در دست اقدام است.

دفتر فناوری اطلاعات و آمار برنامه‌هایی مانند تدوین و استقرار سند معماری سازمانی، استقرار طرح جامع مدیریت امنیت اطلاعات، سیاست‌گذاری و ساماندهی فعالیت‌های مکان‌محور، اجرای طرح دیجیتال‌سازی منابع اطلاعاتی با اولویت طرح‌ها و گزارش‌های علمی و تحقیقاتی، استقرار و توسعه دولت الکترونیک، و سیاست‌گذاری و ساماندهی زیرساخت‌های اختصاصی شبکه و مراکز داده صنعت آب و برق و راه‌اندازی گذرگاه تبادل اطلاعات را در دستور کار دارد. برنامه‌های اصلی دفتر توسعه مدیریت شامل استقرار نظام پایش و ارتقای بهره‌وری در صنعت آب و برق با تمرکز بر کاهش قیمت تمام شده، استانداردسازی فرایندها و کاهش زمان خدمات، توسعه نظام‌های مدیریتی مبتنی بر صنعت، بازنگری در ساختارها، وظایف و فرایندها با رویکرد تمرکززدایی و تفویض اختیار، پرورش مدیران آینده، تمرکز بر مستندسازی تجربه‌های مدیریتی و سازمانی در راستای توسعه مدیریت دانش، و مدیریت تعارض منافع می‌شود. بالاخره برنامه‌های دفتر توسعه منابع انسانی بر ساماندهی، ارتقای کیفیت و جوان‌سازی نیروی



### آقای دکتر اولیا

### معاون محترم تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو

### \* لطفاً یک معرفی اجمالی از سوابق خود ارائه فرمایید.

- بنده متولد ۱۳۴۳ در شهر یزد هستم. مدرک کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی صنایع از دانشگاه صنعتی شریف و مدرک دکترای خود را از دانشگاه بیرمنگام انگلستان دریافت کرده‌ام. از سال ۱۳۶۹ عضو هیئت علمی دانشگاه یزد بوده‌ام و هم‌اکنون در مرتبه استادی قرار دارم. به‌لحاظ اجرایی هم مسئولیت‌هایی مانند رئیس دفتر ارتباط با صنعت، رئیس دانشکده مهندسی صنایع، رئیس مجتمع فنی مهندسی، رئیس پارک علم و فناوری استان یزد و رئیس دانشگاه یزد را داشته‌ام و یک‌سال هم هست که به‌عنوان معاون تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو فعالیت می‌کنم. هم‌چنین از سال ۱۳۹۴ همکار مدعو گروه علوم مهندسی فرهنگستان علوم بوده‌ام؛ به‌عنوان یکی از پنجاه دانش‌آموخته برگزیده دانشگاه صنعتی شریف انتخاب شده‌ام؛ و امسال نیز به‌عنوان استاد نمونه کشوری برگزیده شده‌ام.

### \* لطفاً حوزه فعالیت معاونت تحقیقات و منابع انسانی

### وزارت نیرو و اهداف و تشکیلات آن را معرفی فرمایید.

- این معاونت چهار دفتر در زیرمجموعه خود دارد که به‌نحوی ماموریت‌های آن‌را مشخص می‌کند: دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری که این موضوعات را در شرکت‌های زیرمجموعه دنبال می‌کند؛ دفتر فناوری اطلاعات و آمار که به موضوعاتی مانند سامانه‌های اطلاعاتی، زیرساخت‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری، و

انسانی، تدوین و ابلاغ دستورالعمل سنجش رضایت‌مندی کارکنان و اجرای طرح طبقه‌بندی و ارزش‌یابی مشاغل شرکت‌های غیردولتی متمرکز شده است.

### **\* مهم‌ترین نقاط ضعف و مشکلاتی که مانع از رسیدن این معاونت به برخی از اهداف آن به‌خصوص در زمینه تحقیقات شده است چیست؟**

- یکی از مشکلاتی که در کل کشور و به‌تبع آن در وزارت نیرو مشاهده می‌شود این است که در صورت وجود محدودیت‌های بودجه‌ای اولین بخشی که قربانی می‌شود تحقیقات است. دلیل این موضوع این است که هنوز تحقیقات به‌عنوان یک بخش لوکس تلقی می‌شود و اثبات آن نیز ظاهراً خیلی سخت نیست. اگر بودجه تحقیقات را کم کردیم آیا جایی در انجام کارها به مشکل می‌خوریم یا آب از آب تکان نمی‌خورد؟ این سوال جدی برای دانشگاهیان هم هست که چرا به‌گونه‌ای عمل کرده‌اند که بود یا نبود تحقیقات خیلی برای مصرف‌کنندگان آن فرقی نمی‌کند. این در حالی است که در شرایط تحریم و مشکلات ارزی قاعدتها نیاز به تحقیق و توسعه افزایش می‌یابد. البته خوشبختانه تجربیات مثبتی در زمینه ساخت داخل داریم که نشان می‌دهد حداقل برای وزارتخانه‌هایی مانند نیرو جهت‌گیری به‌سمت فناوری و نوآوری ضروری است. در عین حال باید توجه کنیم صنعت به‌خصوص صنعت حساس آب و برق به محصول استاندارد و آزمون شده نیاز دارد و نمی‌تواند ریسک آن‌را بپذیرد. بنابراین ایجاد مکانیزم‌هایی که ریسک‌های فنی و اقتصادی را پوشش دهد اهمیت می‌یابد.

نکته دیگر این‌که با توجه به این‌که نتایج فعالیت‌های تحقیقاتی در بلندمدت اثرات خود را نشان می‌دهند، بنابراین باید در این زمینه سعه‌صدر داشت و هزینه‌های تحقیقاتی را به‌عنوان سرمایه‌گذاری در نظر گرفت، کما این‌که کشورهای پیشرو در فناوری همین‌گونه عمل کرده‌اند و در صنعت آب و برق نیز موارد زیادی قابل‌ذکر است. نظام شرکتی در وزارت نیرو نیز یکی از عواملی است که در کنار مزایای آن هماهنگی در موضوعات مختلف از جمله تحقیقات را با دشواری روبرو می‌کند. ما اخیراً پروژه تحلیل و طراحی اکوسیستم نوآوری وزارت نیرو را به اتمام رساندیم که هدف آن غلبه بر این نگاه بخشی بود. در نگاه اکوسیستمی اصل بر همکاری داوطلبانه بین عناصر است (از جمله همکاری بین دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی با صنعت) و بنابراین قوت تعاملات فیما بین بستگی به میزان ارزشی دارد که بین آن‌ها مبادله می‌شود.

### **\* بین این معاونت و بخش‌های تحقیقاتی شرکت‌های آب و فاضلاب و سازمان‌های آب منطقه‌ای چه ارتباطی وجود دارد؟**

- دفتر آموزش تحقیقات و فناوری معاونت از طریق واحدهای متناظر خود در شرکت‌های مادر تخصصی با دفاتر تحقیقات شرکت‌ها در تعامل است و موضوعاتی از قبیل نیازهای تحقیقاتی را برای اعلام عمومی، از شرکت‌ها اخذ کرده یا برعکس قابلیت‌های دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی به شرکت‌ها منعکس می‌کند. البته در صورت لزوم و بنا به شرایط، بین دفاتر تحقیقات شرکت‌ها با دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری ارتباط مستقیم برقرار است. هم‌چنین تعاملات با وزارت علوم از طریق این دفتر انجام می‌شود. البته همان‌طور که گفتم شرکت‌ها در عین حال استقلال کاری خود را دارند و مستقیماً قراردادهای تحقیقاتی را منعقد می‌کنند.

### **\* وضعیت پژوهش در بخش‌های تحقیقاتی تابعه وزارت نیرو و ارتباط آن‌ها با دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی چگونه است؟ برای رفع ضعف‌ها و خلاءهای موجود در این زمینه چه اقداماتی باید انجام شود؟**

- اولاً وقتی می‌گوییم پژوهش قاعدتاً فناوری را هم در بر می‌گیرد و در این صورت مخاطب ما به‌غیر از دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی، شرکت‌های فناور و دانش بنیان و حتی شرکت‌های صنعتی هم می‌شود. از قدیم شرکت‌های وزارت نیرو ارتباط نسبتاً خوبی با دانشگاه‌ها داشته‌اند هم از طریق فراخوان نیازهای پژوهشی و هم حمایت از پایان‌نامه‌ها. البته همان‌طور که قبلاً گفتم محدودیت‌های بودجه‌ای طبیعتاً روی این بخش تاثیر می‌گذارد. ولی نکته‌ای که در مورد فناوری اشاره کردم شاید کلید حل ارتباط سیستماتیک بین دانشگاه‌ها و صنعت است.

### **\* حوزه معاونت شما به‌عنوان یک مرکز تحقیقاتی چه ارتباط ارگانیکی با دانشگاه داشته است؟ چقدر توانسته از پژوهش‌های دانشگاهی برای رفع نیازهای صنعت آب استفاده کند؟**

- همان‌طور که مستحضرد این معاونت خود کار تحقیقاتی نمی‌کند و بیشتر به سیاست‌گذاری در حوزه تحقیقات و فناوری می‌پردازد ولی تلاش کرده‌ایم در این راستا حرکت کنیم. سال گذشته طرح فرصت مطالعاتی اعضای هیئت علمی در صنعت آب و برق را ابلاغ کردیم که براساس آن اساتید برای طی فرصت مطالعاتی خود می‌توانند در شرکت‌های آب و برق مشغول به کار شوند و در این مدت علاوه بر حقوق دانشگاه از حقوق شرکت هم برخوردار شوند و در قبال آن مشکلات صنعت را شناسایی کنند. این موضوعات می‌تواند سرفصل پروژه‌های تحقیقاتی بعد یا پایان‌نامه‌های دانشجویان باشد. اخیراً برنامه مشترک دکتر را نیز به‌صورت آزمایشی شروع کرده‌ایم که براساس آن دانشجوی دکتر را بعد از گذراندن دروس خود به‌صورت کامل در صنعت مشغول به کار می‌شود و در قبال آن معادل دوسوم حقوق مربی، حقوق

است که می‌توان به‌عنوان چشم‌انداز مطلوب برای شرکت‌های آب و فاضلاب تصور کرد.

### **\* مهم‌ترین چالش‌های پیش‌رو در حوزه آب و فاضلاب در کشور را چه می‌دانید؟**

- در بخش آب و فاضلاب تامین خدمات مناسب آب شرب برای مردم امری مهم و حیاتی است. ارایه پایدار خدمات مهم‌ترین چالش بخش آب و فاضلاب است. ایجاد مراکز جمعیتی بزرگ، افزایش مصارف، تقلیل منابع آبی مطمئن، آلودگی منابع آب، فرسودگی شبکه‌ها و تاسیسات، شکاف بین قیمت تمام شده و قیمت فروش، بروز تنش‌های اجتماعی و مسایلی از این‌دست شرایطی را به‌وجود آورده که تامین پایدار آب شهرها و روستاها را با مخاطره روبرو می‌سازد. در چنین وضعیتی لازم است تا در بخش آب و فاضلاب با کمک فناوری‌هایی که می‌تواند ما را در مدیریت مصرف موفق‌تر نماید و نیز با استفاده از نوآوری‌هایی که به تقویت اقتصادی و نیز نظام بهره‌برداری شرکت‌های آب و فاضلاب منجر می‌شود، این چالش‌ها را کمرنگ نمود.

### **\* با توجه به امضای تفاهم‌نامه همکاری موسسه آب با انجمن آب و فاضلاب ایران چه انتظاری از همکاری با انجمن دارید؟**

- انجمن‌های علمی به‌طور کلی می‌توانند به‌عنوان اتاق فکر برای دستگاه‌های اجرایی عمل کنند. برای این کار لازم است اولاً مجموعه گسترده و قوی از متخصصین را گردهم بیاورند و ثانیاً دانش افراد را به‌نحوی سازماندهی کنند که قابلیت استفاده آن‌را افزایش دهند. البته باید توجه داشت دانش واقعی (و نه علم) نمی‌تواند صرفاً در محیط آکادمیک شکل بگیرد و نیازمند تعامل نزدیک دانشگاهیان با محیط صنعت است. به‌عنوان مثال فناوری‌های مورد استفاده در صنعت آب و فاضلاب مثلاً آب‌شیرین‌کن را درنظر بگیرید. این یک نیاز واقعی صنعت است. متخصصین این رشته می‌توانند مثلاً از بین روش‌های مختلف و با درنظر گرفتن مزایا و معایب آن‌ها بهترین روش‌ها را پیشنهاد کنند و به‌نحوی جهت‌گیری شرکت‌های آب و فاضلاب را در انتخاب فناوری مشخص کنند. اما موضوع به‌این سادگی نیست. هریک از متخصصان با روشی آشنا هستند و ممکن است آن‌را توصیه کنند و حتی روش‌های دیگر را زیر سوال ببرند. حتی ممکن است تعارض منافع هم پیش بیاید. این نقش انجمن است که بتواند روش‌های مختلف را ارزیابی کند و از بین آن‌ها یک راه‌حل عالمانه و یک جواب روشن برای اقدام ارائه دهد و مسئولیت آن‌را هم بپذیرد. نه این‌که یک‌سری جواب‌های کلی و بعضاً متعارض بدھیم و بعد بگوییم صنعت از تخصص ما استفاده نمی‌کند. این موضوع در همه عرصه‌ها وجود دارد. مثلاً در شرایط اقتصادی فعلی وقتی

دریافت می‌کند. موضوع پایان‌نامه هم طبیعتاً در راستای حل مشکل خاص صنعت خواهد بود. برنامه توسعه شبکه متخصصین صنعت آب و برق را هم داریم که فکر می‌کنیم مجموعه‌ای از این روش‌ها بتواند تا حدی ارتباط ارگانیک را برقرار کند. در بخش آب و فاضلاب هم در دو حوزه نمک‌زدایی و نیز تصفیه فاضلاب و بازچرخانی آن طرح‌های مهمی در دست پیگیری است.

### **\* چگونه می‌توان به کاربردی شدن نتایج تحقیقات دانشگاه‌ها کمک کرد و این معاونت چه نقشی در این رابطه می‌تواند ایفا کند؟**

- برای کاربردی شدن تحقیقات دانشگاه‌ها نیاز به ساز و کارهایی دو سویه است. یعنی باید با ارتباط مناسب بین صنعت و دانشگاه شرایطی فراهم شود که هم دانشگاهیان درک درست‌تری از مسایل و اولویت‌های صنعت داشته باشند و هم در بخش صنعت امید و اتکای بیشتری به ظرفیت دانشگاه‌ها برای حل مسایل ایجاد شود. در این صورت می‌توان امیدوار بود که با ایجاد یک زبان و فهم مشترک و جهت‌گیری یکسان، تحقیقات نتیجه‌بخش‌تری داشته باشیم. این معاونت نیز برای رسیدن به‌این هم‌سویی، برنامه‌های مختلفی دارد که امضای تفاهم‌نامه‌ها، تعریف طرح‌ها و پروژه‌ها و ایجاد فرصت‌های مطالعاتی از آن جمله است.

### **\* لطفاً وضعیت آب و فاضلاب کشور در حال حاضر را تشریح کرده و چشم‌انداز آتی آن را بیان کنید.**

- این سوال خیلی کلی است. در عین حال جنبه‌ای از آن که بیشتر به این معاونت مربوط می‌شود موضوعات ساختاری آب و فاضلاب است. همان‌طور که احتمالاً در جریان هستید اخیراً یکپارچگی شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی انجام شده است که تحول مهمی از نظر ارتقای بهره‌وری و خدمت‌رسانی محسوب می‌شود. البته هنوز راه زیادی برای رسیدن به یک سازمان چابک، بهره‌ور، پاسخگو و پیشرو وجود دارد. اگرچه این شرکت‌ها غیردولتی هستند ولی به‌نحوی دولتی اداره می‌شوند چرا که هنوز همه وزارت نیرو را پاسخگوی مشکلات مرتبط با آن می‌دانند، ضمن این‌که تعرفه‌ها واقعی نیستند و بنابراین اجازه اداره اقتصادی شرکت‌ها را نمی‌دهد. این‌ها پیچیدگی‌هایی است که حل آن همگی در اختیار وزارت نیرو نیست. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید جنبه‌های ساختاری چگونه می‌تواند بر جنبه‌های فنی غلبه کند و به‌نحوی آن‌ها را تحت‌الشعاع قرار دهد. در مورد جنبه‌های تحقیقاتی هم اگر یک سازمان چابک باشد سریعاً مشکلات خود را تشخیص می‌دهد، برای حل آن‌ها با درنظر گرفتن محدودیت‌ها و اولویت‌ها بهترین روش را انتخاب کرده و در کمترین زمان آن را به‌نتیجه می‌رساند. البته باید فراموش نکنیم که هدف نهایی خدمت‌رسانی مناسب به مردم است. این چیزی



از اقتصاددانان برای ارائه راه حل نظرخواهی می‌کنیم هر کدام پیشنهادی می‌دهند که بعضا با هم متضاد است. خوب بالاخره دولت می‌خواهد تصمیم بگیرد که مثلا نرخ بهره بانکی را افزایش بدهد یا نه؟ این یک جواب صریح می‌خواهد و باید متخصصان امر به نحوی به جمع‌بندی برسند و مسئولیت آن را هم بپذیرند.

باید توجه کنیم که انجمن‌های علمی بعضی کارها را هم نباید انجام دهند. مثلا نمی‌توانند خود مجری طرح‌های پژوهشی باشند، اگرچه می‌توانند کمک کنند افراد واجد شرایط برای کار پژوهش بهتر معرفی شوند، ضمن این که تعریف عناوین پژوهشی را هم می‌توان به آن‌ها واگذار کرد. شبکه‌سازی، آموزش، برگزاری نشست‌های علمی و تخصصی هم جزء وظایف اصلی انجمن‌های علمی محسوب می‌شود. موضوعی که در همه این‌ها مشترک است این است که انجمن صرف جمع تعدادی افراد نیست بلکه وجود انجمن باید به هم‌افزایی منجر شود. یعنی برابند فعالیت‌ها باید بیشتر از جمع دستاورد تک‌تک افراد باشد.

#### **\* نقش و جایگاه انجمن را در توسعه و رشد علوم و صنعت آب و فاضلاب کشور در چه حد می‌دانید؟**

- انجمن‌های علمی ظرفیت مناسبی هستند تا به هم‌گرایی درباره مسایل بخش نزدیک‌تر شویم و به جستجوی راه‌حل‌ها پردازیم. انجمن‌ها می‌توانند انرژی و انگیزه‌ای که در جامعه علمی کشور وجود دارد را روی مسایل اصلی و چالش‌های مهم صنعت آب و فاضلاب متمرکز نمایند و از این رهگذر، بتوانند بار سنگینی را از دوش مدیریت پر دغدغه این بخش بردارند. توسعه دانش در هر بخشی هم‌زمان با پرداختن به مسایل اصلی و کمک به حل مشکلات آن بخش حاصل می‌شود. البته تحقق این امر نیاز به مسئولیت‌پذیری بیشتر و سطحی بالاتر از تمرکز و همراهی دارد.

#### **\* برای تقویت حوزه آب و فاضلاب از طریق همکاری شرکت‌های آب و فاضلاب و دیگر دستگاه‌های تابعه وزارت نیرو و انجمن آب و فاضلاب ایران چه پیشنهادی دارید؟**

- پیشنهاد من این است که کمیته‌های کاری برای تعریف محدوده همکاری تشکیل شود و مسئولیت هریک دقیقا مشخص شود. در این صورت مطمئن هستم ارتباط طبیعی شکل می‌گیرد، چون هم تقاضا وجود دارد و هم عرضه دانش. پیشنهاد دیگر این که از شبکه انجمن در کل کشور استفاده شود و ارتباط به شرکت مهندسی محدود نشود. چون خیلی از مسائل در شرکت‌های استانی وجود دارد که قابل طرح است، ضمن این که ایده‌های خوبی وجود دارد که ما در مرکز ممکن است از آن‌ها غافل باشیم.

میزگرد تخصصی مدیریت تعارضات آب با تاکید بر مسئله زاینده‌رود  
(دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران، آبان ۱۳۹۷)



#### اعضای میزگرد:

- مهندس شیشه‌فروش: (مدیرکل مدیریت بحران استانداری اصفهان)
- دکتر ضرغامی: (عضو هیئت علمی دانشگاه تبریز)
- دکتر فاضلی: (عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی و مشاور وزیر نیرو)
- دکتر فصیحی: (دفتر مطالعات استراتژیک ریاست جمهوری و مدیر جلسه)
- مهندس قانع: (مشاور مدیرعامل شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور)
- دکتر میرمحمد صادقی: (مدیرعامل آب منطقه‌ای استان اصفهان)
- دکتر یوسفی: (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی اصفهان)

خودش ندیده و دیگر این خشکی به سمتی رفته که ما واقعا به هیچ نحوی نمی‌توانیم به این رودخانه، رودخانه فصلی هم بگوییم. بیش بارگذاری حوضه، حداقل معادل نصف سد زاینده‌رود است. تقاضای آب اضافه داریم و مصرف یا به‌طور طبیعی این تقاضایی که طی سال‌های گذشته با فشار یا با طرح یا با پروژه‌های مختلف ایجاد شده، باعث می‌شود که این منبع مشترک به تعارض برسد. عرض



دکتر فصیحی: متأسفانه دو سال است که زاینده‌رود آبی به



**مهندس شیشه‌فروش:** دیروز ۲۱ آبان‌ماه سالگرد وقوع زلزله دلخراش کرمانشاه بود. مثل دیروزی این اتفاق در کشور به‌وقوع پیوست. جمعی از هم‌وطنان کشته و خسارات زیادی را وارد کرد. زنگ هشدار است برای همه ما که یک‌بار دیگر توجه کنیم به این که ما چه نقش و چه سهم و جایگاهی داریم و هریک از ما چه اقداماتی می‌توانیم انجام دهیم، قبل از این که حادثه این‌چنینی به‌وقوع بپیوندد. اما حوادث دیگری هم وجود دارد که از منظر مدیریت بحران می‌توان به آن اشاره کرد. منشا بعضی از حوادث طبیعی است، پس لاجرم باید اتفاق بیفتد. برخی دیگر منشأ انسانی است، برخی از آن‌ها تدریجی است مثل خشک‌سالی و کم‌آبی، برخی پدیده‌ها نیز مثل زلزله. در مورد زلزله وقتی با بزرگای ۷/۳ ریشتر اتفاق افتاد، هرکس که مطلع شد به یک نحوی کمک کرد. مرحله اول امداد و نجات بود. بعد از آن اسکان موقت تا بازسازی و باز زنده‌سازی شرایط. دیروز که سالگرد این زلزله بود تعدادی از منازل مسکونی تحویل داده شد. اصفهان بیش از ۱۲ هزار واحد مسکونی را تحویل افراد داد؛ اما مسئله شما احیا است و این که در مورد ارزش‌گذاری زاینده‌رود صحبت کردید.

بحث فرونشست زمین که یکی از اثرات کم‌آبی در این حوضه است را به‌عنوان یک زلزله خاموش از آن یاد می‌کنند. تا ما ندانیم که زاینده‌رود چه هست، نمی‌توانیم برایش ارزش‌گذاری کنیم. باید ببینیم که چه جامعه‌ای از عدم احیای آن متضرر می‌شوند. باید بدانیم عدم احیای آن چه اثراتی را دربر خواهد داشت. ما تا ندانیم و این سوالات را پاسخ ندهیم نمی‌توانیم به ارزش واقعی زاینده‌رود پی ببریم. باید بدانیم بهره‌وری زاینده‌رود چیست؟ اصلاً زاینده‌رود در فلات مرکزی چه اهمیتی دارد؟ هم‌چنین باید بدانیم چه عواملی باعث به‌هم ریختگی نظم و پایداری این سیستم بود؟ و بعد بتوانیم ارزش‌گذاری برای آن بکنیم. در پدیده زلزله اشاره می‌کنیم که انرژی درونی زمین است و باید هم‌چنین اتفاقی بیفتد. ولی با خردورزی و انجام یک‌سری اقدامات می‌توانیم اثرات زلزله را کم کنیم. بعد از زلزله بم با ساخت و ساز مقاوم، اقدامات مهمی را در کشور شاهد بودیم. آیین‌نامه ۲۸۰۰ و مقاوم‌سازی ساختمان‌ها، تعداد کشته‌های این زلزله کرمانشاه خیلی تفاوت داشت با بم با تجاربی که کشور گرفت. در این زمینه هم باید بررسی کنیم. در مدیریت بحران داریم که باید هر پدیده‌ای که اتفاق می‌افتد را مستندسازی کنیم، عوامل به‌وجود آورنده آن را بررسی کنیم. در زاینده‌رود هم باید عوامل به‌وجود آورنده این

کردم با رودخانه‌ای مواجهیم که شاید تنها مورد در دنیا است که رودخانه خشک در اطرافش سبز است. این وضعیت بصری که در زاینده‌رود وجود دارد به‌طور مشخصی یک تعارض ذاتی را به‌وجود آورده است. کسانی که حق آب داشتند به‌طور طبیعی در پایین‌دست از حقابه محروم هستند. در غرب اصفهان همین شرایط است و باغات شهر و بالادست به مسائلی دچارند که این تعارضات را به‌حد هشدار امنیتی رسانده، که شورای عالی امنیت ملی الان این روند را از نزدیک رصد می‌کند. معاونان وزرا به‌طور مستقیم درگیر این مسئله هستند و این بخش جای خوشحالی دارد که دیگر این تعارض و تضاد قابل کتمان نیست. در صورتی که قبلاً کتمان می‌شد.

سوال اصلی که در این میزگرد به‌آن می‌پردازیم این است که ما چه کنیم که این مناقشات را مدیریت کنیم؟ آیا تاکید بر ایجاد منابع بیشتر بکنیم؟ یعنی با یک مسئله چندوجهی مواجهیم. آیا منابع بیشتر بیاوریم؟ آیا مسئله اجتماعی را با فشار امنیتی مدیریت کنیم؟ آیا مدیریت تقاضا بکنیم؟ به شهر اصفهان بپردازیم؟ به حقابه بپردازیم؟ واقعاً کدام بخش این مسئله چندوجهی درهم تنیده باید در اولویت سال ۱۳۹۷ و سال‌های بعد قرار بگیرد. الان مدیرعامل محترم آب و فاضلاب استان اصفهان فرمودند ما ۷-۸ سال است که در بحران مطلق آب برای شهر اصفهان قرار داریم. آیا ۴ میلیون جمعیت درنظر بگیریم برای مدیریت مناقشه؟ یا حقابه‌های صنعتی پایین‌دست را درنظر بگیریم؟ یا خط لوله یزد را مدیریت کنیم؟ این مسئله‌ای است که ما در مورد مدیریت مناقشات در مباحث بحرانی با آن مواجه هستیم. راه‌کاری که دنیا به آن رسیده بحث مذاکره است.

این مذاکره هم بحث‌اش در یک زیرمجموعه‌ای به‌نام ایجاد ارزش دسته‌بندی می‌شود. این ایجاد ارزش مثالش خیلی ساده است. البته این مثالی که می‌زنم به‌معنی تایید نیست. اگر خط لوله آب یزد دارد به مشکل برمی‌خورد، استانداری یزد هفته‌ای یک‌بار در تهران در ریاست جمهوری مستقر می‌شود تا این مسئله را مدیریت کند. یگان ویژه می‌گذاریم جواب نمی‌دهد، پایین‌دست را مواظبیم بالادست مشکل پیدا می‌کند. چه مکانیزمی باید ازنظر اجتماعی در این مسئله ایجاد شود که خودش مدیریت شود. این ایجاد ارزش یک مثال ساده‌اش این است (که این هم باز به نشانه تایید نیست): یک سهمی از این خط لوله به‌عنوان حقابه به حقابه‌داران اختصاص بدهید، یا اگر اصفهان حقابه‌ای داشته به‌عنوان شهر اصفهان شش سهم از ۳۳ را داشته، ما بیایم این را با یک مکانیزمی منظور بکنیم. منظور از ایجاد ارزش این است.

آقای مهندس شیشه‌فروش لطفاً بفرمایید چرا زاینده‌رود برای کشور یک ارزش است؟ یعنی من می‌خواهم ارزش ملی زاینده‌رود را به‌عنوان کسی که سال‌های سال است که در مسائل بحرانی استان درگیر بوده‌اید، واقعاً ما چقدر هزینه باید اختصاص بدهیم

مقداری به قهقرا برده است. در بحث آب هم مثال‌های زیادی می‌توانیم بزنیم.



**دکتر میرمحمدصادقی:** برای پاسخ به این سوال اگر یک نگاهی به تاریخچه حاکمیت آب در کشور داشته باشیم، می‌فهمیم که در کشور خودمان در دوره ساسانیان قدمت مدیریت آب روا داشتیم و آن‌جا یک دیوانی بوده به نام کست‌پزود یا کاست‌افزود؛ که اداره امور آب و توزیع آب را انجام می‌داد. بعد در دوره خلفا بحث‌های اوقاف و مدیریت اراضی در کشور ما شکل می‌گیرد. بعد در دوران حکومت‌های بعدی یعنی صفویه تا قاجار می‌رسیم به دفاتر جز جمع که هنوز هم در قانون توزیع عادلانه آب به آن اشاره می‌شود، که این‌ها حسابداری آب را انجام می‌دادند. منتها در یک مقطعی با دیدگاه‌های توسعه‌ای که در کشور اتفاق می‌افتد و جمعیت اضافه می‌شود. نهاد دولت به‌صورت جدی شکل می‌گیرد. به‌هر حال آن مدیریت محلی که در زاینده‌رود با همه این عواملی که من عرض کردم، حالا در دوره صفوی این بحث طومار شیخ‌بهای که در ایران یک مدل توزیع و مدیریت آب هست، کم‌کم کنار رفته و یک مدیریت متمرکز دولتی شکل می‌گیرد. تقریباً بعد از آن داستان فروپاشی نظام ارباب و رعیتی سال ۱۳۴۱، عملاً دیگر آن مشارکت‌ها و مدیریت‌های محلی قدرت کار خودشان را از دست می‌دهند و دیگر نمی‌توانند جانشین بشوند در آن قدرتی که داشتند و در مدیریتی که در حوضه آب داشتند. لذا ما از یک مدیریت محلی آمدم به یک مدیریت متمرکز دولتی و قطعاً همین معضلاتی که در قالب سوالی که آقای دکتر فصیحی فرمودند در کنارش پیش می‌آید؛ یعنی این‌که ما کم‌کم مشارکت‌ها را در دوران‌هایی به‌کنار بردیم، تصمیم‌گیری‌هایمان بعضاً خیلی فلبده‌ها و بدون حضور ذینفعان واقعی که شاید در طول تاریخ ذی‌نفع مسئله بودند، این‌ها کم‌کم از بین می‌رود و حتی تصمیم‌های فلبده‌ها در دورانی، مثلاً در یک دورانی رئیس حکومت می‌آید یک چیزی اعلام می‌کند و یک شیوه‌های دیگری را از مدیریت پیوسته هم کم‌کم از بین می‌رود و مدیریت‌های خرد در زیر لوای دولت شکل می‌گیرد. این، کار را بسیار سخت کرده است. واقعیت این است که نهاد دولت اگر من به‌صورت خاص بخواهم پاسخ بدهم این هست که به‌تنهایی قادر به حل مشکلات نخواهد بود. آقای دکتر فاضلی هم در صحبت‌هایشان در مقدمه یا در آن سخنرانی کلیدی این را به‌نوعی مطرح کردند و این واقعیت هست. اما ما باید برویم به دنبال مشارکت. اما چه باید بکنیم؟ ببینید ما الان تصمیم‌هایی می‌گیریم در حوضه زاینده‌رود که حالا بحث دوستانم هست. می‌نشینیم در یک شورای RBO.

بی‌نظمی و بیماری و این‌که الان ما مواجه با ناپایداری در این حوضه هستیم را بدانیم. تا ندانیم علت به‌وقوع پیوستن این شرایط چیست نمی‌توانیم برایش ارزش‌گذاری کنیم. حتماً ما باید بدانیم که ارزش آن بدون دخالت مالکان و حقابه‌داران مشخص نمی‌شود. ارزش آن وقتی است که توجه به حقابه‌دارانی که این به‌هرجهت می‌دانند که حقابه مربوط به آن‌ها است داشته باشیم.

ما باید بدانیم تاریخچه زاینده‌رود چیست و چه قدمتی دارد، نقش آن در گذشته چه بوده تا بتوانیم ارزش آن را بفهمیم. باید ببینیم از نظر حقوقی چه قوانینی بر حوضه حاکم است. قوانین حاکم بر این حوضه را اگر بدانیم می‌توانیم بگوییم ارزش واقعی زاینده‌رود چیست و چه بهره‌ای برای کشور دارد. ما باید بدانیم از نظر فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی مزیت‌های زاینده‌رود چیست و عدم احیای آن چه تأثیری داشته. شما اشاره می‌کنید به احیای زاینده‌رود، باید ببینیم که احیا یعنی باز زنده‌سازی. در زلزله ما بازسازی می‌کنیم، بازتوانی می‌کنیم، شرایط را به‌حالت اول برمی‌گردانیم، کمک می‌کنیم به خسارت‌دیدگان. در این‌جا هم ما باید بدانیم که اثرات مخرب عدم احیای زاینده‌رود و ناپایداری آن در حوزه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، گردشگری و میراث فرهنگی برای ما پیدا است و دوستان به‌خوبی اطلاع دارند. باید این را بدانیم که بیماری این حوضه باعث مشکلات و تنگناهای اقتصادی، اجتماعی و معیشتی برای کشاورزان و حقابه‌داران شده است. سلامت جسمی و روحی را برای افراد تحت‌تأثیر قرار داده است. حیات انسان‌ها و تامین آب شرب اهمیت ویژه این حوضه را می‌رساند که ۵ میلیون نفر باید از آب این‌جا استفاده بکنند. حیات انسان‌ها وابسته به این حوضه است. حیات صنعت، حفظ فضای سبز و همچنین بهره‌برداری در بخش کشاورزی و اقتصاد در این حوضه است. نکته بعد توجه به این مسئله است که گرد و غبار و آلودگی هوا، بخشی هم برمی‌گردد به این‌که پایداری این حوضه از بین رفته و ما تأثیرات مستقیم این عوامل طبیعی را ناشی از عدم احیای زاینده‌رود می‌بینیم. پس ارزش‌گذاری این حوضه به واسطه این مسائلی هست که ذکر شد.

**دکتر فصیحی:** به‌طور طبیعی دولت متولی این کار است. اما سوال اصلی ما این است که دولت چه‌قدر توانمند است در ایفای این نقش؟ یعنی فرض بر این است که زاینده‌رود نقش ملی و نقش محوری‌اش را توانستیم تبیین بکنیم، که این کار تا حدی اتفاق افتاده است. ولی بحث سر این است که ما به کارآمدی دولت توجه ویژه داشته باشیم. به ظرفیتی که یک نهاد به‌عنوان نهاد اجرایی، نهاد قانون‌گذاری در این مسائل دارد توجه کنیم. حالا سوالم از آقای دکتر میرمحمدصادقی این است که توانمندی دولت را به نقد بکشیم که واقعاً چه نقشی را دولت در این تعارضات دارد؟ آیا خودش بخشی از مشکل است و یا حلال مشکل؟ چون اگر خیلی بخواهیم شفاف حرف بزنیم می‌بینیم که ورود دولت کارها را یک



شورای هماهنگی حوضه زاینده رود که این‌ها نشانه حرکت رو به جلوی دولت است برای رسیدن به آن مشارکت‌ها و آن مدیریت‌های بهتر. در این قضیه ما می‌بینیم که دولت تصمیم می‌گیرد که با همان RBO نیم‌بندی هم که درست شده، اما اجرا نمی‌شود کرد. بعضی جاها در اجرا ما به شدت با مشکل مواجه هستیم. به نظر من این برمی‌گردد به این که ما باید یک بازنگری در مبانی حکمرانی آبمان داشته باشیم. اگر دولت یا حکومت ما می‌خواهد تصمیمی را که برآیند یک عده هست، که نمایندگان ذی‌نفعان دولت و همه هستند (صنعت، کشاورزی، محیط‌زیست) اجرا کند باید آن اقتدار لازم را در کارش داشته باشد. اما این اقتدار چطور به دست می‌آید؟ قطعاً پایه‌های آن در مشارکت است. یعنی ما همه ذی‌نفعانمان را در تصمیم‌هایمان مشارکت دهیم که کار بسیار سختی هم هست. من در آب منطقه‌ای با دوستانم تلاش کردیم که این کار را انجام دهیم که خیلی هم کار سختی است چون تمرین کم داریم. قانون‌مداری و حتی بازنگری در بعضی از مسائل قانونی و مشروعیت باید داشته باشیم. مشروعیت و مشارکت با هم لینک هستند. ما باید با هم این دو تا را کار بکنیم. برای این باید تمرین بیشتر بکنیم و در مدیریت حوضه آبریز با تقویت آن بتوانیم این مشارکت را بیش از پیش گسترش بدهیم.

**دکتر فصیحی:** شما قطعاً بحث حکمرانی را اینجا پررنگ کردید. این که همه ما سال‌های سال است به مشارکت ذی‌نفعان توجه داریم. یعنی من تا یاد دارم این قضیه در وزارت نیرو بحث بوده و هر آب منطقه‌ای برای بحث مشارکت ذی‌نفعان متولی مستقیم دارد. ولی این قضیه باز آن رنگی را که باید به خودش بگیرد نمی‌گیرد. یعنی ما می‌بینیم مثلاً در زاینده رود (البته این برداشت من است بعد می‌خواهم آقای دکتر یوسفی مباحث حکمرانی را لطف کنند مطرح بفرمایند) با مشارکت ما در زاینده رود، ذی‌نفعان بعضی وقت‌ها منجر می‌شود که ذی‌نفع تبدیل می‌شود به پیمانکار بهره‌بردار رودخانه یا ساماندهی رودخانه. یعنی بحث ما در مشارکت در مناصب حکمرانی دخالت نمی‌کنیم در پایین رده‌اش می‌آید و وارد می‌شود. البته من می‌دانم در شورای مثلاً هماهنگی حضور دارند در شورای بحران هستند. حالا آقای دکتر یوسفی شما این‌ها را از مباحث تخصصی حکمرانی صحبت بفرمایید و واقعاً این مشارکت در کدام بخش وارد می‌شود.



دکتر یوسفی: در تکمیل صحبت‌های عزیزان یکی دیگر از آن ابر

چالش‌هایی که در این کشور ما با آن مواجه هستیم که دارد مناقشات اجتماعی را تشدید می‌کند بحث هماهنگی هست. در حقیقت با کمیابی آب مواجه هستیم و این کمیابی آب یک منبع کمی هست که قدرت و ثروت به آن وابسته است و چون تعداد زیادی بهره‌بردار داریم مطمئناً این باعث مناقشه می‌شود. بحث این که چرا هماهنگی و عدم هماهنگی ایجاد می‌شود این است که آب کم است، آب به قدرت و ثروت ارتباط پیدا می‌کند و یک بخش دیگرش هم برمی‌گردد به این که ما با یک پدیده‌ای مواجه هستیم به عنوان برهم‌کنش و ارتباط مقیاس‌ها. بحث این است که ما مقیاس‌های مختلفی داریم. یک مقیاس سیاسی داریم، یک مقیاس حوضه آبریز داریم. که این خودش همیشه یک چالش است که ما باید مدیریت حوضه‌ای در آن داشته باشیم یا مدیریت استانی داشته باشیم. به این موضوع در اهداف توسعه پایدار هم اشاره شده که در حوضه آبریز مشترک، ابر چالش ما همان هماهنگی است. یعنی شما نگاه کنید کل دنیا تا ۲۰۳۰ دارند روی این موضوع کار می‌کنند و تنها مشکل ما در ایران نیست. این که ما پیچیدگی سیستم اجتماعی بوم‌شناخت را داریم.

من می‌خواهم سه تا از مصادیق عدم هماهنگی را برای شما بگویم: یکی بحث انسجام در سیاست‌گذاری است، یکی بحث هماهنگی‌های عمودی و افقی است و یکی دیگر هم بحث برهم‌کنش نهادهای سیاسی است (نهادهای رسمی و غیر رسمی). در مورد بحث عدم انسجام در سیاست‌گذاری، مرکز پژوهش‌ها گزارش داده که در این مملکت یکی از ابر چالش‌ها در این کشور این است که ما بارندگی‌هایمان در کل کشور ۱۱ درصد کم شده، رواناب‌های سطحی ۴۴ درصد کم شده، در حوضه کارون ۱۸ درصد بارندگی کم شده و حدود ۵۰٪ رواناب‌ها کم شده؛ یکی از دلایل هم گفته برداشت‌های بالادست (یعنی در پایین دست آب نیست و کشاورزها را داریم می‌فرستیم به بالادست).

من امروز بحثم اصلاً این نیست که بگویم کشاورز مقصر است. من مصداقش را می‌خواهم در زاینده رود به شما نشان دهم. این شاخه پلاسجان در استان اصفهان در سال ۱۳۶۱ هست. من می‌خواهم نشان بدهم که چه قدر اراضی فقط در شاخه پلاسجان افزایش داشته است. در شاخه بن و سامان در سال ۱۳۶۱ چهارهزار هکتار، در سال ۱۳۶۴، ۴۴۰۰ هکتار، سال ۱۳۶۹، چهارهزار و هشتصد هکتار، سال ۱۳۷۳، پنج هزار هکتار، سال ۱۳۷۹، شش هزار هکتار، سال ۱۳۸۲، شش هزار و ۴۰۰ هکتار، سال ۱۳۸۷، دوازده هزار هکتار و سال ۱۳۹۴ شده ۲۱ هزار هکتار. پس برای ما یک سوال ایجاد می‌شود. در حوزه‌های بالادست دارد توسعه اراضی اتفاق می‌افتد. برنامه ششم توسعه ماده ۳۱: برای رسیدن به اهداف اقتصاد مقاومتی و خودکفایی و امنیت غذایی باید ۹۵ درصد از محصولات استراتژیک را خودمان تولید کنیم. ماده ۳۵: رهاسازی حقابه‌های زیست‌محیطی یازده میلیارد



مکعب از ۱۰۴ میلیارد مکعب کل آب‌های کشور برای این که ما مشکل آبخوان‌هایمان را حل کنیم. بند پ ماده ۳۱، یعنی همین الان دوتا تناقض! ما می‌خواهیم در مواد غذایی کشور خودمان را خودکفا کنیم، ۱۱ میلیارد مترمکعب هم می‌خواهیم آزادسازی حقایق محیط‌زیستی داشته باشیم. می‌بینید که در برش استانی در بند پ ماده ۳۱ تبدیل اراضی شیب‌دار به باغات پانصد هزار هکتار، استان اصفهان تقریباً ۴۰۰ تا ۴۰۰۰ هکتار، بخشی از آن در سمیرم هست حوضه کارون، بخشی هم درحوضه زاینده‌رود؛ استان چهارمحال بختیاری ۲۹ هزار هکتار دارد، بخشی در سمیرم، بخشی در زاینده‌رود، بخشی در کارون.

در این شیوه‌نامه کاملاً تصریح می‌کند شما می‌توانید آب مازاد را کاملاً بردارید، یعنی بارگذاری جدید. در این شیوه‌نامه می‌گوید که عرصه‌ها با هر پوشش گیاهی می‌تواند به باغ تبدیل شود. تاکید می‌کند که هر کسی که تصرف غیرمجاز داشته، اشکال ندارد و بلامانع است؛ می‌شود با او قرارداد ببندید. یعنی با یک موضوع که داریم می‌بینیم تا سال ۱۳۹۲ چه اتفاقی سر حوضه‌هایمان آمده و همین الان دارد اجرا می‌شود. این بحث عدم هماهنگی است. در حقیقت عدم انسجام در سیاست‌گذاری است که برمی‌گردد به بحث امنیت غذایی که ما هنوز تکلیف امنیت غذایی و خودکفایی را در کشور مشخص نکرده‌ایم. ارتباط امنیت غذایی، امنیت آبی و امنیت انرژی را باید معلوم کنند.

در بحث عدم هماهنگی عمودی و افقی من فقط مکانیزم‌های هماهنگی در کشور را آوردم. مکانیزم افقی یعنی بین بخشی، بین منطقه‌ای؛ مکانیزم عمودی هم یعنی در ساختار قدرت. من فقط اسم مکانیزم‌های هماهنگی را می‌خوانم. شورای عالی آب سه جلسه درباره زاینده‌رود داشته است. شورای عالی امنیت ملی دوبار درباره آب فکر می‌کنم امسال جلسه داشته است. کمیسیون امنیت مجلس پارسال. کارگروه ملی سازگاری با کم آبی را آقای دکتر اردکانیان از اسفند پارسال کلید زدند. کارگروه ستادی آب کشاورزی ماده ۱۱، شورای هماهنگی حوضه آبریز ۱۷ جلسه داشتند. کارگروه استانی سازگاری با کم آبی، شورای برنامه‌ریزی استان، کارگروه استانی آب کشاورزی ماده ۱۱، کمیسیون رسیدگی به آب‌های زیرزمینی، شورای گفتگو با اتاق‌های بازرگانی. ما این همه مکانیزم هماهنگی داریم، اما مشکل عدم هماهنگی ما وحشتناک است. ما بین نهادهای رسمی و غیررسمی مان رقابت وجود دارد، تعارض وجود دارد. نهادهای غیررسمی به بحث فساد، به بحث فرهنگ برمی‌گردد. ما در حقیقت نهادهای رسمی مان غیرکارآمد هستند و اهداف نهادهای غیررسمی مان هم تقابل دارند با نهادهای رسمی.

اما پیشنهادها: ۱. من از آقای دکتر فاضلی می‌خواهم در برنامه هفتم توسعه از همین الان به فکر باشید، ما در ساختار قبلی وزارتخانه‌ها مسئول این می‌شدند که بیايند برنامه تبیین کنند و

یک‌سری شورای برنامه‌ریزی داشتیم، بعد می‌رفت در ستاد تدوین و تلفیق می‌شد. من فکر می‌کنم که این برنامه را چه امسال بنویسیم، چه سال بعد بنویسیم هیچ فرقی نمی‌کند. از همین الان بشینیم برنامه هفتم توسعه را بنویسیم. در این مکانیزم هماهنگی بیشتر فکر کنیم و انتشار عمومی بدهیم برنامه را قبل از این که به مجلس برود و چکش کاری شود. ۲. یک فکری برای این حلقه بکنیم: افزایش فضای امنیتی، عدم شفافیت، عدم مسئولیت‌پذیری و پاسخگویی، عدم حاکمیت قانون، تشدید مناقشه. ۳. برای اولین بار در کشور کنار یکی از پل‌های تاریخی اصفهان یک تابلو را اختصاص دهیم به بخش آب، به صورت برخط ورودی سد، خروجی سد و حجم مخزن را در آن نشان دهیم.

**دکتر فصیحی:** من دو تا نکته کلیدی از حرف‌های آقای دکتر یوسفی گرفتم. یکی بحث عدم شفافیت هست که منجر به تضادهای بین بخشی، حتی داخل خود سیستم سیاست‌گذار می‌شود و نکته بعد هم عدم توجه به بحث نهادهای سیاسی و اجتماعی که علی‌رغم این که به آن زیاد اذعان می‌کنیم ولی توجه رسمی نداریم. یکی از بحث‌هایی که خیلی از آن غفلت شده در قضیه حکمرانی آب، همین تمرین کردن است. به قول دکتر میرمحمدصادقی، این تمرین خیلی مهم است، چون یک مهارت است، مهارت ایجاد ارزش. به عنوان مثال برای خرید اراضی سازمان آب منطقه‌ای، فردی که متبحر است مهارتش را حسب تمرین مکرر در کنار علمی که داشته به دست آورده است. ولی متأسفانه حلقه گم‌شده در زمینه حکمرانی و مدیریت تعارضات، بحث وجود تشکلات مردمی است. این که ما واقعاً چه چیزی را پیاده‌سازی کردیم که این را نشان بدهیم. این پیاده‌سازی شده و ما به این نتایج رسیدیم. ما یک نمونه را در ایران پیدا کردیم که آقای دکتر ضرغامی این ابتکار را به خرج دادند و بحث اتاق دیپلماسی با آذربایجان را بیش از یک سال است که به طور عملی دارند این تمرین را که دکتر میرمحمدصادقی فرمودند انجام می‌دهند و پیاده‌سازی می‌کنند. در کنار آن ما به علمش هم نیاز داریم که این سوال بعدی ما هست که جناب مهندس قانع راجع به آن صحبت می‌کنند و کمک می‌کنند تا ما این مباحث را به یکدیگر متصل کنیم.



**دکتر ضرغامی:** استانداری در سطح شهر اصفهان بنرهای ۷ پروژه را گذاشته است. اولاً از این تلاش و اقدامی که شده تا این

طرح‌ها را در معرض دید عموم قرار دهند تشکر می‌کنم. این یک گام موفق است. در عین حال اگر دقت بفرمایید این یک نمودی هست از وضعیت حکمرانی آب کشور. سخنرانان قبلی به خوبی به آن اشاره کردند. در سمت راست این بنرها چهار لوگو است، استانداری، آب منطقه‌ای، جهاد کشاورزی و شرکت آب و فاضلاب. این‌ها از لحاظ حکمرانی یک نفر هستند، یعنی قوه مجریه هستند. دو تا سوال اساسی اینجا مطرح است: یکی این که قوه قضاییه و قوه مقننه کجا هستند؟ سوال دوم این است که مسئله زاینده‌رود مسئله فقط شهر اصفهان نیست. آیا این بئر در ورزنه هم نصب شده یا نه؟ آیا در چهارمحال، کاشان و یزد همین بئر نصب شده؟ شاید بگویید یزد و کاشان پایین دست هستند. ولی از بعد مسئله آب، دیگر مسئله آب را به صورت حوضه آبریز بررسی نمی‌کنند، بلکه فراتر از این شده، خوزستان هم درگیر است، کاشان هم درگیر است، یزد هم درگیر است. این‌ها همه باید دیده شود. لذا دو تا سوال اساسی این جا پیش می‌آید. آن هم این است که ما چه طور می‌توانیم عدالت در اطلاع رسانی و مشارکت ایجاد کنیم؟ وضعیت فعلی که این نمودی از آن هست که اسمش را می‌گذاریم حکمرانی آمرانه آب (یعنی امر از بالا به پایین). ولی واقعیت این است که همان طور که دکتر محمد میرصادقی فرمودند، قبلاً در اینجا مشارکت بوده و ما آن را از دست دادیم. حالا چه طور می‌توانیم مشارکت را احیا کنیم؟

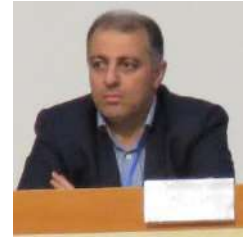
یکی از این تلاش‌ها برای احیا، سازمان مردم‌نهاد اتاق گفت‌وگو آب آذربایجان است. این اتاق با این فکر ایجاد شده که فرض کنید زلزله شده، رویکرد فعلی این است که همه به گردن هم دیگر می‌اندازند. می‌گویند شما مسئول بودی ساختمان‌ها را ضعیف ساختی، شما مسئول بودی آب نرساندی، یک نفر لازم است که بگوید آقا زلزله شده الان یک سال هم گذشته، یک عده‌ای در کانکس زندگی می‌کنند، الان باید چه کار کنیم؟ در مورد آب هم چنین وضعیتی داریم که از فراقکنی ادارات به هم دیگر، ما باید بیایم دور میز بنشینیم و با هم صحبت کنیم. من از دکتر فصیحی هم درخواست کردم که اگر بشود سالن به شکل میزگرد باشد. در هر صورت این اتاق حرفش هم‌اندیشی مشارکتی است. تم کارش به این صورت که اولاً باید بعد از وقت اداری باشد. افراد متخصص و دلسوز در آن شهر و در آن منطقه را دعوت می‌کنیم و می‌آیند. خیلی افراد هستند که تا ساعت ۶ و ۷ می‌مانند که بدون هیچ برگ ماموریتی، بدون هیچ دعوت‌نامه، فقط با ایمیل یا تلفن می‌آیند. چون این اتاق هیچ گونه درآمدی ندارد. یعنی مشابه این جلسه جاهای دیگر برگزار شده، در هر جلسه سی میلیون تومان از یک نهاد دولتی در ریاست جمهوری گرفتند، اما این جا هیچ گونه هزینه‌ای نمی‌گیرند. در واقع کاتالوگش هم با هزینه‌هایی که یک کسی تقبل کرده چاپ شده است. این کاری که انجام می‌دهیم این است که افراد از نهادهای مختلف می‌نشینند و به بسته‌های

سیاستی می‌رسند که ما باید چه کار کنیم؟ ۲۹ جلسه برگزار شده، ۲۵۰ نفر شرکت کردند و خلاصه سنتر جلسات در وبسایت هست. من عرض را جمع‌بندی کنم. یکی از یافته‌های این جلسات بعد از چکش کاری مختلف این است که راه حل نجات آب ایران از بعد حکمرانی تشکیل مجلس‌های محلی آب است، که در آن جا نهادهای دولتی فقط به عنوان یک شرکت‌کننده و تسهیل‌گر می‌آیند. از خبرنگاران، کارشناسان قوه قضاییه، قوه مقننه در آن مجلس می‌نشینند و تصمیم گرفته می‌شود که آیا ما آب را به کشاورزی بدهیم یا به محیط زیست؟ و چقدر بدهیم؟ آن جا تصمیم گرفته می‌شود. این باعث می‌شود که تصمیم‌ها چون توسط خود افراد هست ضمانت اجرایی پیدا کنند و جزییات ریز این کار هم درآمده است.

دوتا اتفاق بسیار مهمی که می‌افتد شبکه‌سازی است؛ مثلاً شما فیسبوک را نگاه کنید ۴۰۰ میلیارد دلار قیمت این کمپانی هست. ولی آیا این قیمت ساختمانی است که در سانفرانسیسکو هست؟ نه! بلکه به خاطر شبکه‌ای که ایجاد کردند است. ما گاهی اتفاق می‌افتد در دانشگاه تبریز کسانی داریم که در دانشکده‌های مختلف از کار همدیگر بی‌خبرند. این شبکه‌سازی قدرتمند می‌کند. مطلب دوم که اتفاق می‌افتد تعامل ارزش‌ها است. ارزش‌ها این جا شامل همه چیز هست و آن این است که اگر ما به یزد آب می‌دهیم چه چیزی در مقابلش از یزد بگیریم که به کشاورزان اصفهانی بدهیم؟ اگر آب چهارمحال را می‌آوریم اصفهان، چه چیزی دارد مثل تخصص پزشکی و یا تخصص‌های دیگر که بتواند به آن‌ها بدهد و آن‌ها را راضی کند. این‌ها باید تبادل شود. تبادل آن چیزی است که می‌تواند در این اتاق و مجلس می‌تواند اتفاق بیفتد. من امیدوارم به آینده و امیدوارم با تلاش شما و انجمن‌های موفق مثل انجمن آب و فاضلاب به این سمت برویم و موفق خواهیم شد.

**دکتر فصیحی:** بله این بحث ایجاد ارزش که چه چیزی بدهیم و چه چیزی به دست بیاوریم، همه چیز برای ما نیست. در مذاکره یک جمله‌ای هست که می‌گوید که داستان برد-برد گذشته و شما باید به اصطلاح good for you great for me می‌گویند یک چیز خوب برای طرف مقابل و آن چه که بسیار عالی است برای من. ما این را باید در بحث ایجاد ارزش مدنظر قرار بدهیم و مباحث خیلی مفصل هست. آقای مهندس قانع در حقیقت یک اتصالی هستند بین صنعت و دانشگاه و مباحث پژوهشی، من همین طوری که عرض کردم ما روی این کار و این بحث حل تعارضات که مشارکت در آن واقعاً نقش اصلی دارد، نیاز به علم داریم. این که ما سیلابس دانشگاهی‌مان هنوز این مباحث در آن حداقل اگر خیلی خوش‌بین باشیم حتی در مباحث مرتبط هم ضعیف هست و ما هم چنان بر طبل مهندسی صرف می‌کوبیم برای حل مسائل

آبی. این نکته‌ای است که باید مورد توجه قرار بگیرد. صنعت چه نیازی دارد و دانشگاه چه کمکی می‌تواند بکند. آقای مهندس قانع شروع بفرمایند که ما واقعا چه کنیم در دانشگاه که این قضیه کمک بکند به صنعت.



**مهندس قانع:** همه بحث‌ها سر این است که ما می‌خواهیم گفت‌وگو بکنیم بر سر آب و شاید همه این منازعاتی هم که ایجاد می‌شود چگونگی گفت‌وگو بر سر آب است، که به‌نظر من سه تا عنصر دخیل است در این موضوع. یکی این‌که این با اعتقاد و باورها ارتباط دارد، این کار یک کار اصولی و علمی است که روابط انسانی را در نظر می‌گیرد و در نهایت تجاربی است که به‌صورت کاربردی می‌شود از آن استفاده کرد. همه اذعان دارند که تا الان تمرکزمان روی مسائل فنی و اقتصادی بوده و در حوزه اجرا و توسعه و امروز همه ما تاکید می‌کنیم که بحث‌های علوم اجتماعی و مسائل سیاسی و محیط‌زیستی به‌شدت درهم تنیده شده و پیچیدگی‌های خاص خودش را هم بروز داده است. جامعه‌ای هم که بخواهد توسعه پایدار داشته باشد الزاما باید یک نگاه همه‌جانبه داشته باشد و همه موضوعات را لحاظ کند. پس اجتناب‌ناپذیر است که حتما این مباحث براساس یک جامعه دانایی‌محور و فراگیر حاکم بشود. این دانایی‌محور قطعا نقش و توسعه‌ای است که می‌توانند دانشگاه‌ها در این حوزه داشته باشند. یعنی محور اصلی موضوعات دانایی و جامعه دانایی‌محور، قطعا با پرورش نیروهایی هست که دانشگاه‌ها دارند و تا الان شاید موضوعاتی که در حوضه آب بوده عمدتا بحث‌ها، بحث‌های تخصصی بوده که مسائل فنی را سعی کرده به دانش آموختگان خودشان داشته باشند. ولی امروز به‌دلیل سایر بخش‌ها و عناصری که دخیل هست در حوضه آب و پیچیدگی زیادی هم دارد بحث‌های میان رشته‌ای را ایجاد کرده و حتما دانشگاه‌های ما باید به این موضوع بپردازند. این یکی از بحث‌های اصلی هست که به‌نظر من مولفه مهم توسعه، خود دانشگاه‌ها هستند به‌عنوان کسانی که می‌توانند دانایی‌محوری را در جامعه برای توسعه ایجاد بکنند.

نکته‌ای که به‌نظر من در مورد الگوی سه‌جانبه تعامل دانشگاه و صنعت و دولت به‌نوعی مطرح هست و از گذشته هم مدل‌های مختلفی برای طرح موضوع شده بوده؛ امروز شاید این مدل‌ها مرز مشخصی برای طرح در حوزه دانشگاه، صنعت و دولت واقعا تعریف نشود، مخصوصا در حوزه دانشگاه و صنعت. یعنی ما امروز دیگر نباید خودمان را محدود کنیم که این حوزه دانشگاه است، باید در

این محدوده فقط کار داشته باشیم و نگاه به مسائل عملگرا باشد و صنعت هم باشد. خوشبختانه بعضی از دانشگاه‌ها مثل صنعتی اصفهان خیلی پیشرو بوده در این حوزه و خیلی وقت‌ها این مرزها هیچ‌گونه پوششی نداشته و جدا نبوده از هم و خیلی کارهای خوبی را در حوزه ایجاد فنون جدید در گسترش خدمات علمی و فناوری که ما در حوضه آب مخصوصا با این پیچیدگی‌های جدید داریم، حتما نقش دانشگاه بسیار مهم است. من فکر می‌کنم با تشکیل چنین جلساتی با انجمن علمی، محوریت این کار را به‌عهده گرفته و امروز دارد یک گفتمان جدیدی شکل می‌گیرد و این‌ها موضوعاتی هست که اگر استمرار پیدا بکند و واقعا ملاحظات خاص خودش را هم بتوانیم داشته باشیم، می‌تواند توسعه پیدا کند. خوشبختانه حوزه دانشگاه یکی از مقولاتی که شاید حرف‌ها و خیلی از موضوعات را بی‌رودربایستی می‌تواند بزند و خیلی برش بیشتری دارد به‌نظر من نقش بسیار مهمی در توسعه و مسیر مناسب حرکت طرح‌ها و پروژه‌ها و دولت‌ها می‌تواند نقش ایفا کند.

**دکتر فصیحی:** در حقیقت این مرز مشخص را من می‌خواستم یک نکته‌ای درباره‌اش عرض کنم. این‌که واقعا پژوهشگران دانشگاه ما از پشت کامپیوترها بلند شوند، اشاره به خود من هم هست، و برویم در صنعت و سوال‌های واقعی را بپرسیم. واقعا ما نیاز داریم نخبگان را به‌طور مشخص متمرکز کنیم بر مسائل آب و محیط زیستمان. بیشترین نرخ بیکاری در کشور روی متخصصان محیط‌زیست و کشاورزی هست. شما توجه بفرمایید چند نفر از رتبه‌های زیر ۱۰۰ کنکور ما حاضرند بروند رشته مهندسی کشاورزی، محیط‌زیست بخوانند. بحران آب و محیط‌زیست کشاورزی ما رسیده به آن ۱۵ درصدی که واقعا نیاز است یک نوآوری‌هایی در آن بشود که نخبگان ما، نخبه متناسب است با نانو تکنولوژی ولی هیچ‌وقت نمی‌شنویم که قضیه به آن سمت رفته باشد. این‌ها مباحثی است که هرکدام یک پنل جداگانه‌ای می‌طلبد. مثلا بحث سیلابس دانشگاهی چه باشد. حالا اگر فرصتی بشود رویش بحث کنیم. خب همه چیز با اجتماع است. یعنی مشارکت را بدون حضور اجتماع و این نقش واقعی نمی‌توانیم درک کنیم. این‌که عکس‌العمل این اجتماع به این فعل و انفعالات اجرایی ما چیست، یک مقدار زیادی از آن را در این ده سال اخیر به عینه لمس کردیم که چه‌قدر اجتماع ما دیر عکس‌العمل نشان می‌دهد. اما این عکس‌العملش بسیار کوبنده است. حالا آقای دکتر فاضلی مهندسی هستند که رفتند و practice اجتماعی را انجام دادند و هر دو زاویه را می‌توانند ببینند. من خواهش می‌کنم اگر صلاح می‌دانند روی مصداق صحبت کنند. مثلا فرض بفرمایید مباحث اجتماعی و فرهنگی انتقال آب به‌عنوان یک practice مهندسی خیلی پررنگ چیست؟ و خیلی کلی‌تر این مباحث را بفرمایند که بخش اصلی حکمرانی اجتماعی است.



**دکتر فاضلی:** وقتی که به مناقشه پرداخته می‌شود، مناقشه آبی، حالا چه در زاینده‌رود باشد چه بر سر انتقال آب از دریای خزر یا عمان به هر جایی در کشور باشد؛ ما به یک چارچوب نظری احتیاج داریم که مسئله را بفهمد. من عمیقاً احساس می‌کنم آن چارچوب نظری که فهم مسئله مناقشه آبی باشد مفقود است. من سعی می‌کنم در این مدت کوتاه این را بگویم و اگر خواستید وارد مصداق‌ها می‌شوم. مرحله اول هر مناقشه‌ای را حل کردن و به آن پرداختن، آقای دکتر گفتند مذاکره است. یعنی مناقشات با دو سه حالت بیشتر رفع نمی‌شود. یا طرفین باهم مذاکره می‌کنند و به توافق می‌رسند. یا آن قدر با هم می‌جنگند که یک نفر غلبه می‌کند. یا یک نیروی سومی مداخله می‌کند و می‌زند توی سر دوتاشون. یعنی این سه حالت، عمده حالت‌ها را تشکیل می‌دهد. در عرصه بین‌المللی هم نگاه کنید وقتی در کشورها مناقشه داخلی می‌شود یا طرفین باهم مذاکره می‌کنند یا یک نیرویی بر نیروی دیگر غلبه می‌کند یا سازمان ملل یا یک جمع بین‌المللی مداخله می‌کنند و بینشان آشتی برقرار می‌کنند، بهترین حالت همان حالت اول است. یعنی این که طرفین باهم مذاکره کنند و مناقشات را رفع کنند. وقتی می‌خواهیم مذاکره کنیم اول باید تحلیل مناقشه کنیم. من این‌ها را می‌گویم و شما این چارچوب را خودتان تطبیق بدهید روی داستان زاینده‌رود.

وقتی می‌خواهید تحلیل مناقشه کنید باید بدانید جنس مناقشه‌ها چیست. من یک دسته‌بندی می‌دهم از مناقشاتی که در حوزه آب رخ می‌دهند. علل مناقشه در حوزه آب شامل این‌ها است: ۱. کمبود عرضه؛ ۲. آلودگی آب؛ ۳. منابع به شکل فصلی یا به شکل غیرمنتظره تغییر می‌کنند؛ ۴. یک کسی تقاضای بیشتر از حد دارد. مناقشه ممکن است بر سر چارچوب نهادی رخ دهد. یعنی ما مصرف داریم و تقاضا داریم ولی هیچ چارچوبی نداریم که در آن به توافق برسیم. البته آقای دکتر یوسفی نشان دادند ما over frame work شدیم. یعنی ۲۰-۳۰ تا چارچوب داریم، از شورای عالی آب تا پایین که این‌ها چارچوب‌های متعددی هستند، ولی همه‌شان ناکارآمدی دارند. یا حکمرانی‌مان نامتناسب است و تمرکزگرا. مثلاً شورای حوزه آبریزهای ما را اگر نگاه کنید این‌ها نماینده ذی‌نفعان و کاربران اصلی یا یک رای دارد یا بدون رای شرکت می‌کند و عمده آدم‌ها دولتی‌ها هستند که در این شورا شرکت می‌کنند. تعرفه‌های نامناسب: یکی از چیزهایی که مناقشه ایجاد می‌کند تعرفه‌های اقتصادی نامناسب است. مناقشه بر سر فقدان منابع مالی یعنی مناقشه کمبود منابع مالی است. مناقشه در برنامه مدیریت حوزه: هر حوزه یک جدول منابع-مصارف

دارد. این جدول منابع-مصارف بر سر تنظیمش مناقشه درمی‌گیرد و چرا مناقشه در می‌گیرد؟ چون ابزارهای اندازه‌گیری و نظام اندازه‌گیری مغشوش است، یا بر سر نظام اندازه‌گیری اجماعی وجود ندارد. مشارکت ناکافی آبریان: آبریان مشارکت داده نمی‌شوند. وقتی می‌گویید water users یعنی کاربرهای اصلی چه کسانی هستند و این‌ها کجا رایشان دیده می‌شود. یا شرایط اقتصادی، اجتماعی به نحوی تغییر می‌کند که طرفین مذاکرات یا طرفین مناقشه دچار وضعیت بدی می‌شوند. و بعد آخرین آیتم ناآگاهی یا ناکافی نبودن آگاهی آبریان درباره وضعیت است. ما الان با وضعیتی مواجه هستیم که اصلاً برخی باور ندارند این کمبود یا کاهش منابع را، یا درباره آلودگی آب باوری وجود ندارد یا منابع به شکل دیگری. بنابراین ما در حوزه زاینده‌رود اگر می‌خواهیم مسئله را حل کنیم باید این چند علت مناقشه را به شکل جزیی و تفصیلی درباره‌اش داده تولید کنیم.

من این مدتی که قرار بود اینجا بیایم خیلی سعی کردم جست‌وجو کنم در منابع ببینم آیا شرح تفصیلی از علل مناقشه و دانش تفصیلی درباره علل مناقشه در زاینده‌رود به صورت مجتمع هست یا نیست. شما به یک کتاب برمی‌خورید به نام مسئله یا مشکلات زاینده‌رود که مجمع مقالاتی است که یک مجموعه به اسم شاخص پژوه منتشر کرده است. شما نگاه کنید در آن مقالات به فهرستی از علل مناقشه برمی‌خورید؟ پس یک، تحلیل تولید دانش است، نکته دوم در حل مناقشه این است که شما ذی‌نفعان را شناسایی کنید و فرایندهای ورودشان به مذاکرات را طراحی کنید. سطح سه، ارتباطات و اعتمادسازی است. ما الان این فرایند اعتماد سازی‌مان در زاینده‌رود کجا رخ می‌دهد؟ چه کسی متولی آن است؟ راهبرد ارتباطی آن چه است؟ من این فرصت را داشتم به عنوان عضو مستمع در جلسات شورای هماهنگی حوزه آبریز زاینده‌رود شرکت کنم. وقتی از نگاه بیرونی به عنوان یک جامعه‌شناس به قضیه نگاه می‌کنم گاهی اوقات شک می‌کنم که آیا طرفین می‌دانند درباره چه چیزی حرف می‌زنند. و بعد، این‌ها آمده‌اند حال هم‌دیگر را بگیرند یا آمده‌اند اعتماد بسازند. یعنی طرفین آمده‌اند مناقشه را ادامه دهند یا آمده‌اند مناقشه را حل کنند؟ این ناشی از شخصیت آن‌ها نیست. فکر نکنید که ما ایرانی‌ها شخصیت‌های کل‌کل‌کنی هستیم. وقتی شما فرآیند را بد طراحی می‌کنید طرفین با داده‌های ناشفاف و غیرقابل اعتماد. بارها در طرفین شورای هماهنگی حوزه‌های آبریز داده‌های هم‌دیگر را زیر سوال می‌برند. مثلاً شما می‌گویید آن‌ها ۴۰ میلیون برداشته‌اند، می‌گوید حالا شما می‌گویید ۴۰ میلیون برداشته‌اند خودت که می‌دانی ۱۰۰ تا است. می‌گویید حالا تو چه طوری به دست آوردی صد تا؟ می‌گوید همان طوری که شما ۴۰ تا را به دست آوردید. یعنی شما trust building تان کلاً مناقشه برانگیز است. نکته چهارم، همه منابع می‌گویند شما وقتی



می‌خواهید مناقشه را حل کنید عنوان انگلیسی‌اش را دقیق می‌گویند an adequate historical records یعنی رکوردهای تاریخی کافی جمع‌آوری کنید. الان تاریخ مناقشه در زاینده‌رود رکوردهایش کجا است؟ یعنی این تاریخ حقایق، تاریخ مداخله‌ها، تاریخ تخصیص‌ها، تاریخ برداشت‌ها و تحول منابع مصارف در حوضه. وقتی این را نداریم بر سر چه مناقشه می‌کنیم؟ اصلاً چه چیزی را می‌خواهیم حل کنیم؟ نهایتاً وقتی این‌ها وجود ندارد اتفاقی که می‌افتد می‌شود مداخله قدرت. یعنی اگر یک نفر یک کسی را در فلان شورا داشته باشد بازی را می‌تواند در خانه به نفع خودش تغییر دهد یا مانع اجرای آن شود. گام دوم در هر مذاکره‌ای عبارت است از تعریف دستور کار (agenda setting). الان دستور کار حل مناقشه زاینده‌رود چیست؟ کاهش مصرف در بالادست است؟ رساندن آب به پایین‌دست است؟ مدیریت مصرف برداشت‌های غیرمجاز است؟ توازن بین آب سطحی و غیرسطحی است؟ حل کردن مسئله فرونشست است؟ این دستور کار را چه کسی رویش اجماع کرده؟ استاندار؟ آقای فصیحی؟ چه کسی؟ و بعد مکانیسم جمع‌آوری داده‌ها و بعد مذاکره برای توافق. در نهایت مرحله سوم عبارت است از این که شما اجرا را انجام می‌دهید و پایش می‌کنید. این مانیتورینگ انجام می‌شود. نهاد مانیتور کننده

کجاست؟ ته حرف من این است.

در مورد مناقشه در زاینده‌رود اولاً این مسئله صورت‌بندی شده است. دو، مسئله با داده‌های تاریخی کافی (در همین ۵ الی ۱۰ سال اخیر) مستندسازی نشده است. سه، ساز و کارهای مذاکره به کار گرفته نشده است. چهار، ذی‌نفعان با تفویض قدرت کافی وارد نشده‌اند و بدترین چیزی که ندارند شفافیت است. در اتاق تاریک طرفین یک مناقشه نمی‌توانند مذاکره کنند. اول باید قیافه هم‌دیگر را ببینند تا ببینند با چه کسی مذاکره می‌کنند و بعد آیا دست پنهانی هست یا نیست و بعد آمدند حل مسئله کنند. این آن اجتماعی‌ترین وجه حل مناقشه در زاینده‌رود است. یعنی طراحی ساز و کاری که منجر به شفافیتی بشود که طرفین در همه رقابت‌هایی که بر سر منابع وجود دارد، امیدوار بشوند به ساختن اعتماد و طراحی حرکت فرایند مرحله به مرحله. این در جهان guideline دارد و بابت آن دکترا می‌دهند و یک تیم‌های بین رشته‌ای روی آن کار می‌کنند و حتماً اصلی‌ترین کسانی که رویش کار می‌کنند مقامات اجرایی و سیاسی نیستند. باز هم تاکید می‌کنم اصلی‌ترین کسانی که کار می‌کنند مقامات سیاسی و اجرایی هستند که مداخله قدرت در فرایند اجتماعی را بلد نیستند.



## سوالات و صحبت‌های حضار در ارتباط با تعارضات، مشارکت و حکمرانی:

انتشاری دانشجوی دکترای منابع آب دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده عمران: در سال‌های اخیر خیلی درباره مسائل اجتماعی صحبت می‌شود ولی به نظرم دارد به کلیشه تبدیل می‌شود و فهم اشتباهی از مسائل اجتماعی دارد رخ می‌دهد. می‌بینیم خیلی از شرکت‌های مشاوره پیوست مسائل اجتماعی دارند و بیشتر از این که جامعه‌شناسی باشد جمعیت‌شناسی است و به این می‌پردازد که جمعیت چه قدر است؟ سواد چه قدر است؟ و یا کار چه قدر است؟ اصلی‌ترین مولفه‌های جامعه‌شناسی از جمله اعتماد و یا مشارکت در این پیوست اصلاً دیده نمی‌شود. مسئله مهم دیگر آن که یکی از مولفه‌های مهم جامعه‌شناسی مشارکت باشد. حرف من این است که ببینیم در این جمع چند نفر جامعه‌شناس وجود دارد؟ جز جناب آقای دکتر فاضلی فکر می‌کنم تعداد آن‌ها خیلی کم باشد، یعنی می‌خواهم بگویم به این مسئله خیلی کم پرداخته شده است. مسئله دیگر این

است که بحث مشارکت چند سال است که مطرح شده است ولی هیچ‌موقع به راه کارهای آن نمی‌پردازیم. این که ما یک طرحی داشته باشیم تا در یک حوضه آبریز گام به گام، گام‌هایی را طی کنیم و مشارکت را ایجاد کنیم. ما در این چند سال سعی کردیم یک طرح آماده کنیم و دیدیم اصلی‌ترین گام این طرح توانمندسازی است. مردم ما سال‌ها تحت سیطره حکومت‌ها بودند و هنوز جمهوریت را یاد نگرفتند، مشارکت را یاد نگرفتند. یعنی یک بخش توانمندسازی می‌پردازد به این که مردم را توانمند سازیم که خود آن روند طولانی است. ادارات ما سال‌ها وظایفی را یاد گرفتند، کارمندان ما باید سبک‌های جدیدی را یاد بگیرند که این نیاز به توانمندسازی دارد. و مهم‌ترین عامل که به ایجاد شفافیت منجر می‌شود اعتماد است. تا وقتی که اعتماد ایجاد نشود شفافیت رخ نمی‌دهد. آقای دکتر به‌خوبی فرمودند که شفافیت در واقع عاملی است که اعتماد را ایجاد می‌کند.

دکتر امیری از دانشکده مهندسی شیمی: من فکر می‌کنم در همین برنامه شما که پروژه تعریف کردید، پروژه اصلی را فراموش



کردید. پروژه اصلی کار فرهنگی است. در این مملکت آمدند یک عده‌ای مافیای آب راه انداختند. یک عده‌ای مظلوم‌نمایی کردند، هیچ کسی نیامد کار فرهنگی انجام دهد، این یک درد مشترک و ملی است. من فکر می‌کنم که این برنامه شما کار فرهنگی را یک پروژه‌ای مهم‌تر از تامین منابع آبی جدید بداند.

**دکتر فصیحی:** البته این نمونه‌ای از کارهای دولت بود که ارائه دادیم. این موضوع فقط به‌عنوان یک مطالعه موردی در این جلسه بحث شده است و موضوع بحث ما نیست. نه طرفداری از آن است و نه نقدی.

**مهندس ربیعی مدیر کنترل کیفیت آب و فاضلاب استان اصفهان:** ما در حال سازگاری با خشکسالی هستیم. استانداردهای ما در مورد مصرف پساب اصلاً تناسبی با شرایط کشور ما ندارد. به‌نظر من تنها کپی شده از کشورهای پر باران مثل اروپا است. یا مثلاً کشورهایی با درآمد سرانه ناخالص خیلی بیشتر از ما از فاضلاب خام هم نمی‌گذرند و با آن محصول تولید می‌کنند. الان کلید محیط‌زیست کشور ما بر روی غیرمثمر گیر کرده است. یعنی ما فاضلاب را تصفیه می‌کنیم کلی BOD و COD آن‌را کاهش می‌دهیم، اما اجازه کشت با آن را به‌ما نمی‌دهند. در حالی که امروز در کل دنیا کشورهایی با درآمد سرانه خیلی بیشتر از ما و منابع آبی بیشتر از ما حتی از فاضلاب خام هم استفاده می‌کنند. آقای دکتر فاضلی به‌درستی فرمودند که آب شرب امنیتی‌تر است پول بیشتری خرج آن می‌شود. نباید آن را با کشاورزی مقایسه کرد. من این حرف را کاملاً قبول دارم. اما یک نکته، واقعیتی که دارد اتفاق می‌افتد این است که میلیون‌ها مترمکعب آب شرب بسیار گرانبها به‌طرز فجیعی در روش‌های غلط آبیاری ما از بین می‌رود. این که ما آن‌را با آب شرب مقایسه کنیم و کنارش بگذاریم اصلاً قبول ندارم. آن‌جا هم باید یک فکر اساسی بکنیم. اگر دو تا کنگره راجع به آب شرب بگذاریم ۱۰ تا کنگره باید راجع به آب کشاورزی و ساماندهی آن بگذاریم.

**دکتر فصیحی:** نکته بسیار مهمی را اشاره کردند، این که استانداردهای ما سازگار با شرایط فعلی نیست.

**دکتر شاه قاسمی:** دوستان عملاً تمامی مسائل را مطرح کردند. بحث من فقط و فقط در مورد حوضه آبریز زاینده‌رود و مشکلات شهر اصفهان نیست. این مشکلات را در اکثر قریب به اتفاق حوضه‌ها داریم. حوضه کارون مگر مشکل ندارد؟ حوضه مارون مگر مشکل ندارد؟ حوضه رودخانه زهره مگر مشکل ندارد؟ همه این‌ها به‌صورت مختلف مشکل دارند و این مشکلات هم روزبه‌روز دارد بیشتر و پیچیده‌تر می‌شود. متأسفانه تصور من بر این است

که در بحث مدیریت منابع آب به عقیده من، ما مشکلات متعددی را داریم. این مشکلات بسیار زیاد هستند. من به‌طور مشخص به یکی از آن‌ها اشاره می‌کنم در بحث تخصیص منابع. ما در زمینه تخصیص منابع‌مان در حوضه‌های آبریز متعدد واقعاً مبانی و معیارهای تخصیص‌مان چیست؟ من در مواردی واقعاً متوجه می‌شوم که مثلاً یک آقایی به‌عنوان نماینده مجلس از موقعیت ممتازی به‌دلایل متعدد برخوردار است. یک رودخانه قاعداً در مرز بین دو تا استان حرکت می‌کند. یکی از این استان‌ها به‌دلیل همان بحث نفوذ یعنی قدرت و آب، به‌شدت تاثیرگذار در تصمیم‌گیری‌های ما. آقای دکتر فاضلی فرمودند که برای یک مورد کوچکی که قرار بود یک خط انتقالی بین دولت سوئد اجرا شود، جلسات متعددی مابین دست‌اندرکاران صورت می‌گیرد و نهایتاً یک ارگان تصمیم‌گیری و یا بین خودشان به یک نتیجه‌ای می‌رسند که این نتیجه برد-برد باشد. ما در این زمینه اشکالات اساسی داریم.

عرض کردم در بحث تخصیص منابع ما اولاً منابع خود را به‌شکل کامل نمی‌شناسیم. نمی‌دانیم دقیقاً چه مقدار آب داریم. مثلاً در بحث نزولات جوی می‌دانیم حدود ۲۰ الی ۲۵ درصد کاهش پیدا کرده نسبت به متوسط درازمدت. ولی مثلاً یک‌دفعه در یک وزارتخانه تصمیم می‌گیرند روی آورد رودخانه‌ها و آن‌ها را حدود ۴۰ درصد کاهش می‌دهد، بر مبنای اتفاقاتی که مثلاً ۱۵ سال گذشته در زمینه اقلیم رخ داده است. آیا واقعاً این می‌تواند به‌عنوان یک فرمول مورد استفاده قرارگیرد یا در واقع مثلاً آمار درازمدتی که در حدود ۶۰ الی ۸۰ سال در حوضه آبریز وجود دارد. مثلاً آن‌ها را کنار بگذاریم و بر مبنای ۱۵-۱۰ سال اخیر تصمیم‌گیری بکنیم و بعد عرض کردم بحث در واقع قدرت سیاسی است. چه جاهایی که قدرت بیشتری دارند متأسفانه نفوذ آن‌ها بیشتر است. در امر بهره‌برداری از منابع سهم بیشتری می‌برند و آن‌هایی که قاعداً قدرت کمتری دارند متأسفانه در این وسط مغموم واقع می‌شوند و سهم کمتری می‌برند. عرض کردم مثلاً یک رودخانه در مرز دو تا استان حرکت می‌کند. یکی از آن‌ها به‌دلیل قدرت سیاسی می‌تواند از رودخانه آب بردارد ولی آن یکی نمی‌تواند آب بردارد. چرا واقعاً؟ مبانی و معیارها واقعاً چه هستند و چه جوری باید این مسائل را حل کرد؟ متأسفانه روزبه‌روز هم پیچیده‌تر می‌شود. من فکر می‌کنم در این‌جا وزارت نیرو به‌عنوان متولی است که در امر آب نقش اساسی را دارد که این معیار و مبانی را اعلام می‌کند تا همه در جریان آن قرار بگیرند.

**دکتر فصیحی:** مسئله ما آقای دکتر همین تدوین سیاست‌ها است. همان‌طور که عرض کردم مشکل این است که ما مشکل را نمی‌شناسیم. مسئله دوم آن است که سیاست‌ها را بلد نیستیم به‌درستی تدوین بکنیم که بخشی از آن برمی‌گردد به نقص در

**آقای مهندس فرمانی انتظام از آب و فاضلاب شهری استان**

**قم دفتر مدیریت مصرف:** یکی از مسائلی که دوستان صحبت کردند تعارضات در قوانین است. تا این تعارضات حل نشود مشکل حقابه‌ها و مشکل تخصیص آب حل نمی‌شود. یکی هم بحث خود تخصیص منابع، الان وقتی به یک استانی آبی تشخیص داده می‌شود این استان به هر نحوی می‌خواهد این آب را استفاده کند. حتی می‌خواهد آن را زایل کند و فضای سبز خود را توسعه دهد. ما در بعضی از شهرها مثل همین اصفهان دانشگاه را که می‌بینیم علی‌رغم آن که می‌بینید فضای سبز آب زیادی را مصرف می‌کند فقط به صورت نمادین در بعضی از جاها فضای سبز را حذف کنیم، اما در واقع فضای سبز را حذف نکردیم. خود این مدیریت فضای سبز باعث می‌شود مشکل آب حل شود. یکی هم بحث قدرت است. همان‌طور که اشاره کردند بعضی جاها در بالادست ویلا درست می‌شود. آب را به بالادست تخصیص می‌دهند. اگر قوانین درست باشد می‌تواند از این کار جلوگیری کند. نکته آخر باور مردم است. ما هنوز بر روی باور مردم هیچ فکر نکردیم. اگر باور مردم را درست بکنیم به نظر من مدیریت منابع آب و تخصیص آب درست خواهد شد و همین‌طور باور دولت.

**دکتر دادخواه از دانشکده مهندسی شیمی: من در مورد**

صحبتی که آقای مهندس ربیعی فرمودند در مورد استانداردهای استفاده از پساب برای مصارف کشاورزی مثمر می‌خواهم بگویم که ما نمی‌توانیم بگوییم که هر چیز دیگری که یک کشور استفاده کرد ما هم بدون بررسی آن که آن چه پسابی دارد و چگونه تصفیه می‌کند آن کار را انجام دهیم. مثلاً در آمریکا و خیلی از کشورهای اروپایی هر کارخانه آب باران که وارد محیط آن می‌شود و یا پساب آن باید یک استانداردهایی داشته باشد. ما هم ظاهراً این استانداردها را داریم، اما متأسفانه آن نظارت‌هایی که روی آن باید بشود خیلی قوی نیست و یا حتی این استانداردها در خیلی جاها تدوین نشده است. ثانیاً تسویه پساب ما مثل آن‌ها نیست. ما خیلی وقت‌ها می‌بینیم که در تصفیه‌خانه‌های ما چون ظرفیت خیلی کافی نیست به صورت نیمه تصفیه خارج می‌شود. حالا همان هم بین کشاورزی دعوا است که از آن استفاده کنند. پس سلامتی مردم چه می‌شود؟

**دکتر فصیحی: ما واقعا مباحث روشننگری در این جلسه در**

زمینه بحث تعارضات داشتیم. حالا این که این تعارضات چگونه به وجود می‌آید خودش یک مبحث جدا است در مدیریت منابع مشترک. این که ما چه می‌کنیم که یک تعارضی اصلاً به وجود

می‌آید. حالا این‌ها را کنار می‌گذاریم. جناب آقای مهندس شیشه‌فروش بحث ارزش کشوری زاینده‌رود را پر رنگ کردند. این که واقعاً گذشته و حال آن چه نقشی داشته و دارد بحث‌های فنی که مرتبط با شهرهای بزرگ و کوچک حوضه زاینده‌رود است، بحث فرونشست. آقای دکتر میرمحمدصادقی به خوبی بحث مشارکت ذی‌نفعان را اشاره کردند و این که واقعاً این در قوانین دیده شده است. این که مکانیسم‌های آن است ولی نقص در بحث‌های اجرایی است. هم‌چنان ما از این رنج می‌بریم. واقعاً دولت به خودش این نقص را وارد می‌داند. اتاق دیپلماسی آب را به عنوان یک مطالعه موردی معرفی کردیم که این عمل را انجام داده است. بحث حضور غیر رسمی، حالا من مثال می‌زنم شاید در جلسات رسمی به دلیل این که چارچوب ارگان و سازمان وجود دارد یک متخصص مثلاً اداره کشاورزی نتواند آن نظر شخصی خود را بدهد. ولی در جلسات غیررسمی این مباحث به خوبی باز می‌شود. در حقیقت راه حل‌ها ارائه می‌شود و می‌تواند در چارچوب‌های سازمانی ارائه شود. آقای مهندس قانع بحث بسیار مهم برداشتن مرز صنعت و دانشگاه را اشاره کردند. بحث حل مناقشات را آقای دکتر فاضلی اشاره کردند.

من یک جمع‌بندی به طور خلاصه روی مباحث داشته باشم. ما واقعا راه حل زاینده‌رود را در ایجاد ارزش می‌دانیم. معضل زاینده‌رود بدون ایجاد ارزش برای جوامع پیرامونی حل نمی‌شود. هرچه شما منابع جدید پیدا کنید، از قبل این منابع به مصرف رسیده است. مثال خط انتقال آب یزد، مصوبه انتقال تونل سوم مشروط، ولی ۱۷ سال است که خط انتقال کار می‌کند و تونل سوم به بهره‌برداری نرسیده است ولی آب آن از قبل فروش رفته است. منابع جدید این‌ها همه راه حل مطمئن است و ما در هر حال باید به دلیل این نیاز در وظایف دولت بازنگری کنیم. به بحث آموزش و پژوهش‌ها اهمیت ویژه‌ای دهیم. در زمینه مباحث حکمرانی کارهای بین رشته‌ای مهندسی ما صرفاً مهندس تربیت نشود. نکته آخر بحث نوآوری ارزش‌ها است. من یک مثال می‌زنم و جلسه را تمام می‌کنم. ما خدمت یکی از مشاورین استاندار بودیم و بحث دیپلماسی آب زاینده‌رود را داشتیم. نکته جالبی را ایشان اشاره کردند که برای من هم جدید بود. دیدم به صورت خواسته یا ناخواسته ایجاد ارزش دارد در استانداری اصفهان دنبال می‌شود. ایشان بحث شهرک سلامت را داشتند. این که اگر ما یک اقدام خیلی کوچک انجام دهیم که مثلاً در ترمینال شهرکرد یک خط اتوبوسرانی مستقیم از شهرکرد به شهرک سلامت بزنیم، چون که تعداد زیادی از آن‌ها برای درمان به اصفهان می‌آیند. ببینید لزوماً این ایجاد ارزش چیز عجیب و غریبی نیست. امیدوارم که این قبیل نشست‌ها به تغییر رویکرد منجر شود.

رتبه اول چهارمین دوره مسابقه پایان نامه برتر سال ۱۳۹۸ در مقطع کارشناسی ارشد  
(برگزار شده توسط انجمن آب و فاضلاب ایران)



دانشگاه خلیج فارس بوشهر

دانشکده مهندسی نفت، گاز و پتروشیمی

گروه مهندسی شیمی

عنوان: تصفیه پساب روغنی با استفاده از فرآیند ترکیبی جذب-میکروفیلتراسیون با غشای سرامیکی

نگارش: یاسر رسولی

استادان راهنما: دکتر محسن عباسی و دکتر سید عبداللطیف هاشمی فرد

تاریخ: شهریورماه ۱۳۹۵

## چکیده

برای میکروفیلتراسیون جریان متقاطع مدل سازی شده و خطاهای میانگین بین نتایج تجربی و مدل سازی گزارش شده است. نتایج در بخش میکروفیلتراسیون نشان داد غشاهای مولیت، مولیت-آلومینا ۵۰٪ (۵۰٪ جرمی خاک کائولن و ۵۰٪ درصد جرمی آلومینا) از گروه مولیت-آلومینا، مولیت-آلومینا-ژئولیت ۲۰٪ (۵۰٪ جرمی خاک کائولن، ۲۰٪ جرمی ژئولیت طبیعی و ۳۰٪ وزنی آلومینا) از گروه مولیت-آلومینا-ژئولیت و مولیت-ژئولیت ۲۰٪ (۸۰٪ وزنی خاک کائولن و ۲۰٪ جرمی ژئولیت طبیعی) از گروه مولیت-ژئولیت به عنوان بهترین غشاها انتخاب شدند. در بخش جذب-میکروفیلتراسیون و انعقاد-میکروفیلتراسیون، اضافه کردن هر نوع جاذب و عامل منعقد کننده با هر غلظتی باعث افزایش درصد پس دهی نسبت به فرآیند میکروفیلتراسیون می شود. در تمام آزمایش ها مدل گرفتگی حفره ها (میانی، کامل و استاندارد) خطای کمتر و هم خوانی بهتری با شارهای تجربی اندازه گیری شده نسبت به مدل تشکیل لایه کیک دارد. در بخش تصفیه پساب نفتی شور در غلظت  $50000 \text{ mg L}^{-1}$  از نمک، شارهای تراوایی تمام غشاها کمترین مقدار ممکن را دارند.

**کلمات کلیدی:** تصفیه پساب های نفتی، غشاهای سرامیکی، میکروفیلتراسیون، فرآیند ترکیبی جذب-میکروفیلتراسیون، فرآیند ترکیبی انعقاد-میکروفیلتراسیون، تصفیه پساب نفتی شور

در این پژوهش چهار نوع غشای سرامیکی میکروفیلتراسیون مولیت، مولیت-آلومینا، مولیت-آلومینا-ژئولیت و مولیت-ژئولیت با استفاده روش اکستروژن ساخته شدند. آزمایش تصویر میکروسکوپ الکترونی، پراش پرتو ایکس، تخلخل سنجی و میانگین اندازه حفره های غشاء روی غشاها انجام شد. تصفیه پساب نفتی در چهار بخش میکروفیلتراسیون، فرآیند ترکیبی جذب-میکروفیلتراسیون، فرآیند ترکیبی انعقاد-میکروفیلتراسیون و تصفیه پساب نفتی شور انجام گرفت. در بخش میکروفیلتراسیون، تاثیر محتوای آلومینا و ژئولیت طبیعی به کار رفته در ساختار غشاء بر روی شار تراوایی و درصد پس دهی غشاهای سرامیکی مورد بررسی قرار گرفت. در بخش جذب-میکروفیلتراسیون از دو عامل جاذب کربن فعال پودری و ژئولیت طبیعی و غشاهای سرامیکی استفاده شد. در بخش انعقاد-میکروفیلتراسیون نیز پساب نفتی سنتزی با استفاده از چهار عامل منعقد کننده آلومینیوم سولفات، آهن (III) کلرید، آهن (III) سولفات و آهن (II) سولفات مورد تصفیه قرار گرفت. در بخش های انعقاد-میکروفیلتراسیون و جذب میکروفیلتراسیون تاثیر افزایش غلظت عوامل جاذب و منعقد کننده بر روی شار تراوایی و درصد پس دهی غشاها مورد بررسی قرار گرفت. در بخش تصفیه پساب نفتی شور، تاثیر غلظت نمک بر روی شار تراوایی و درصد پس دهی بررسی شده است. در نهایت شارهای تراوایی به دست آمده از تمام آزمایش های تجربی در هر چهار بخش، با استفاده از مدل های هرمیا

رتبه اول چهارمین دوره مسابقه پایان نامه برتر سال ۱۳۹۸ در مقطع دکتری  
(برگزار شده توسط انجمن آب و فاضلاب ایران)



دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست

عنوان: مطالعه آزمایشگاهی و عددی رابطه فشار و نشت از ترک‌های لوله پلی اتیلن

نگارش: سید علی صدرالساداتی

استاد راهنما: دکتر محمدرضا جلیلی قاضی زاده

تاریخ: تیر ماه ۱۳۹۸

## چکیده

یکی از مؤثرترین روش‌های مقابله با نشت در شبکه‌های توزیع آب، مدیریت فشار است. لذا درک صحیح از رفتار نشت و رابطه آن با تغییرات فشار، نقش به‌سزایی در کنترل تلفات می‌تواند داشته باشد. استفاده از لوله‌های پلی اتیلن چگالی بالا (HDPE) در ابتدای قرن ۲۱ در شبکه‌های توزیع آب بسیار افزایش یافته و در برخی روستاها و شهرهای کوچک کشور به‌صورت کامل از این نوع لوله‌ها استفاده می‌شود.

در مطالعه حاضر رفتار نشت از ترک‌های دایره‌ای، طولی و محیطی در لوله‌های پلی اتیلن به‌روش‌های آزمایشگاهی و عددی مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور آزمایش‌هایی با در نظر گرفتن مشخصه‌های قطر، ضخامت و جنس لوله، شکل و ابعاد ترک، محیط پیرامونی نشت و دما انجام شد. بدین منظور، مجموعه نیمه‌صنعتی آزمایشگاهی ساخته و آزمایش‌ها روی ۲۳ نمونه انجام شد. هر نمونه در فشارهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت و در مجموع بیش از ۲۵۰ آزمایش انجام و نتایج آن تحلیل شد. شبیه‌سازی با استفاده نرم‌افزار آباکوس انجام و پس از واسنجی با داده‌های آزمایشگاهی، نتایج شبیه‌سازی عددی تحلیل شد. مطابق نتایج تحقیق حاضر، سطح مقطع موضع نشت در ترک دایره‌ای در اثر افزایش فشار می‌تواند به‌مقدار اندکی افزایش یابد. همچنین با توجه به کاهش ضریب تخلیه در ترک دایره‌ای با افزایش فشار، توان نشت را می‌توان ۰/۵ فرض نمود. برای برآورد ضریب تخلیه ترک دایره‌ای در لوله‌های پلی اتیلن، رابطه جدیدی برحسب عدد رینولدز ارائه شده است. برای ترک دایره‌ای ضریب تخلیه نشت در حالت جریان آزاد کمی بیشتر از نشت در حالت مستغرق بوده و در آزمایش‌های حاضر مقدار متوسط آن ۰/۷۷ به‌دست آمد.

در ترک‌های طولی لوله‌های پلی اتیلن مقدار دبی نشت تابعی از

تغییرات مساحت موضع نشت است که رفتار الاستیک یا پلاستیک می‌تواند داشته باشد. در این مطالعه شاخص جدیدی برای بررسی و تفکیک رفتار الاستیک از پلاستیک معرفی شده است. برای ترک‌های طولی رابطه‌ای برای تخمین تغییر مساحت موضع نشت و همچنین رابطه‌ای برای برآورد ضریب تخلیه لوله پلی اتیلن ارائه شده که با استفاده از روابط پیشنهادی مقدار دبی نشت قابل محاسبه است. در مطالعه حاضر توان نشت در ترک‌های طولی برای نمونه‌های آزمایشگاهی در حالت الاستیک بین ۰/۴۴ تا ۱/۴۴ به‌دست آمد که در حالت پلاستیک این میزان تا ۲ افزایش می‌یابد. با استفاده از نتایج شبیه‌سازی عددی ترک طولی، رابطه جدیدی برای برآورد مقدار نشت پیشنهاد شد که نتایج آن با داده‌های آزمایشگاهی تطابق خوبی دارد. همچنین رابطه جدیدی با توسعه رابطه FAVAD با اضافه کردن پارامتر دما پیشنهاد شد.

نتایج مطالعه حاضر در ارتباط با ترک‌های محیطی نشان داد که موضع نشت در ترک محیطی با افزایش فشار، زیاد می‌شود و مقدار نرخ بازشدگی موضع نشت آن از ترک دایره‌ای بیشتر و از ترک طولی کمتر است. براساس نتایج شبیه‌سازی عددی رابطه‌ای برای تخمین تغییرات مساحت موضع نشت در ترک‌های محیطی پیشنهاد شد. نتایج این تحقیق می‌تواند برای تخمین میزان نشت در لوله‌های پلی اتیلن و انتخاب استراتژی مناسب برای کاهش آن مورد استفاده قرار گیرد.

**کلمات کلیدی:** لوله‌های پلی اتیلن، نشت، روزنه، ترک طولی، ترک محیطی، رابطه نشت و فشار، دما، شبکه توزیع آب شهری.

رتبه اول مسابقه ایده‌های برتر استفاده از آب خاکستری در محیط شهری  
(برگزار شده توسط کمیته تخصصی بازیافت آب، انجمن آب و فاضلاب ایران)

عنوان: استفاده از آب خاکستری حاصل از روشویی مدارس برای آبیاری درون مدارس

نگارندگان: سید قاسم رضوی<sup>۱</sup>، محسن رضائی<sup>۱</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط‌زیست، دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

تاریخ: شهریور ۱۳۹۸

## چکیده

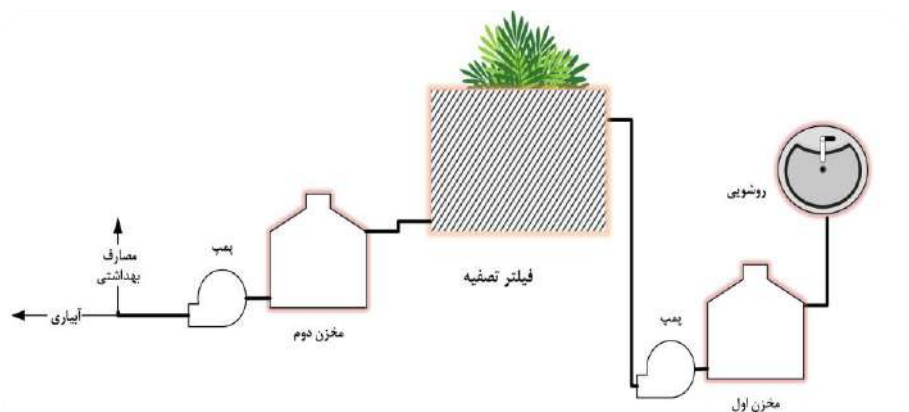
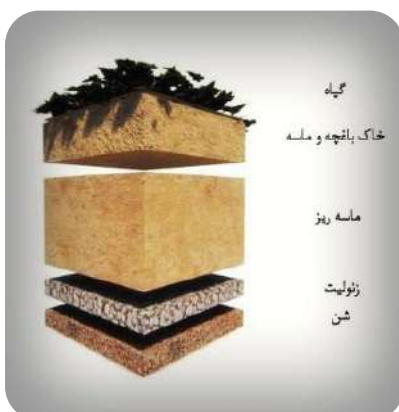
**مقدمه:** از آنجایی که منابع آب شیرین جهان در حال کاهش و جمعیت و تقاضای آبی در حال افزایش هستند، می‌توان گفت استفاده از آب خاکستری و بازچرخانی آن امری توجیه‌پذیر است. آب مصرف شده در تمام مصارف بهداشتی به‌غیر از فاضلاب ناشی از توالت (که دارای پاتوژن‌های مدفوعی است) را آب خاکستری گویند. به‌طور کلی برحسب غلظت آلاینده‌ها، آب خاکستری به دو نوع آب خاکستری روشن و تیره تقسیم‌بندی می‌شود. آب خاکستری حدود ۵۰-۸۰ درصد از کل فاضلاب خانگی را تشکیل می‌دهد که می‌توان با بهره‌گیری از آن در فلاش‌تانک‌ها یا مصرف در آبیاری باغچه‌ها مصرف آب خانگی را بیش از ۳۰ درصد کاهش داد.

**تبیین ایده پیشنهادی:** در این ایده سعی شده تا به آب خاکستری ناشی از مصارف عمومی پرداخته شود. از این‌رو به‌طور مشخص آب خاکستری مدارس مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به آمار آموزش و پرورش استان تهران، حدود ۷۰۰۰ مدرسه با تعداد دانش‌آموزانی معادل ۱۰۸۰۰۰۰ نفر در شهر تهران فعالیت می‌کنند. در صورت بازیافت آب خاکستری، مقدار قابل‌توجهی از

آب تصفیه‌شده شهری صرفه‌جویی خواهد شد. از آنجا که میزان آلودگی آب ناشی از روشویی نسبت به آب خاکستری خانگی به‌مراتب کمتر است، تنها به جمع‌آوری و تصفیه این آب اکتفا می‌شود. در صورتی که فرض شود مدارس در ۶۰ درصد از روزهای سال دایر باشند و هر دانش‌آموز دو مرتبه در روز و در هر مرتبه دو لیتر آب مصرف کند، با جمع‌آوری و تصفیه این آب می‌توان هر سال حدود ۰/۹۵ میلیون مترمکعب در مصرف آب تصفیه شده در مدارس صرفه‌جویی کرد.

برای تصفیه این آب نیاز است تا سیستم تصفیه مناسبی در مدارس قرار گیرد. سیستم تصفیه پیشنهادی و فیلتر تصفیه قرار داده شده در این مجموعه مانند شکل زیر هستند. در نهایت با استفاده از این آب می‌توان به‌طور متوسط مساحتی حدود ۶۸ مترمربع در هر مدرسه را آبیاری کرد. در شرایطی که مساحت سبز ذکر شده در مدرسه وجود نداشته باشد می‌توان این آب را در فلاش‌تانک‌ها استفاده کرد.

**واژه‌های کلیدی:** آب خاکستری، مدارس، تصفیه آب حاصل از روشویی، فضای سبز مدارس





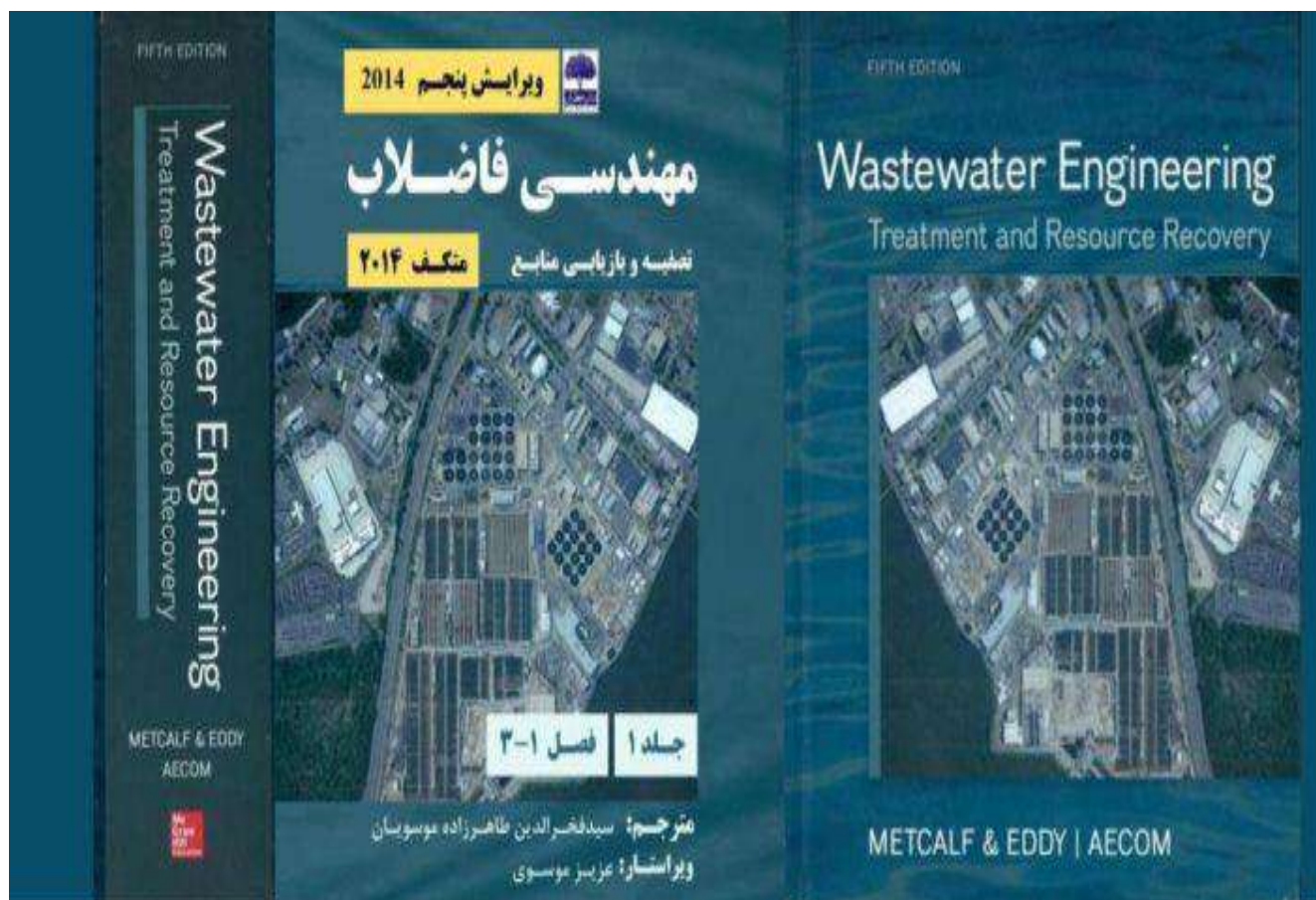
عنوان: مهندسی فاضلاب؛ تصفیه و بازیابی منابع (متکف ۲۰۱۴) - ویرایش پنجم

پدیدآورنده: Metcalf and Eddy

مترجم: سید فخرالدین طاهرزاده موسویان

ویراستار: عزیز موسوی

ناشر: نشر عطران



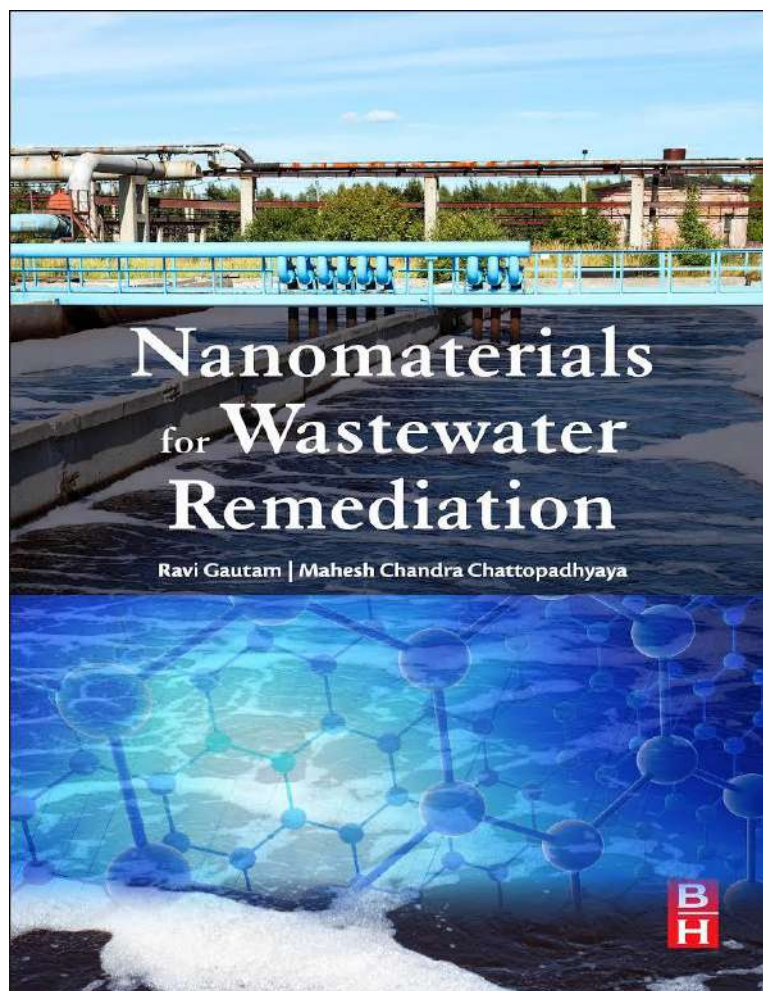
کتاب مهندسی فاضلاب متکف یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین مراجع طراحی تصفیه‌خانه و تصفیه فاضلاب است. برای احداث تصفیه‌خانه فاضلاب و انجام عمل تصفیه فاضلاب باید تمام عملیات پیش تصفیه، تصفیه کامل و تصفیه پیشرفته شناسایی شود. در کتاب مهندسی فاضلاب متکف تمام این موضوعات و همچنین واحدهای مختلف یک تصفیه‌خانه فاضلاب به‌طور کامل شرح داده شده است. در چاپ پنجم کتاب متکف درک بیشتر از اهمیت فرآیندهای پیش تصفیه در فصل ۵ تا ۱۰ مورد توجه قرار گرفته است. تحولات جدید در مورد ضد عفونی در فصل ۱۲ ارائه شده است. مدیریت لجن و بیوسالیدها در حال حاضر در فصل‌های ۱۳ و ۱۴ شرح داده شده است. تصفیه جریان برگشتی در فصل ۱۵ بیان شده است. مدیریت انرژی هم در فصل ۱۷ ارائه شده است. تأکید چاپ پنجم، ارائه طرح عملی و داده‌های عملیاتی و در عین حال بحث تئوریک عمیق در مورد فن‌آوری‌ها و کاربردها است. از مهندسان فرآیند AECOM و منتقدان خارجی خواسته شد تا منبع اطلاعات عملی دنیای واقعی را به کاربر ارائه دهند که امثال آن در هیچ منبع واحدی موجود نیست. از آن‌جا که در حال حاضر دوره‌های مقدماتی مربوط به آنالیز فرآیند و مدل‌سازی در اکثر دانشکده‌ها و دانشگاه‌ها تدریس می‌شود، مطالب مربوط به اصول آنالیز فرآیند از چاپ چهارم خلاصه شده و اکنون در بخش‌های ۱-۷ و ۱-۱۱ در فصل ۱ منظور شده است. مطالب مربوط به آنالیز فرآیند به‌عنوان منبع مرجع برای دانشجویانی که قبلاً دوره جداگانه‌ای در زمینه مدل‌سازی داشته‌اند و به‌عنوان مقدمه‌ای برای موضوع، برای دانشجویانی که احتمالاً دوره مقدماتی را نداشته‌اند، حفظ شده است.

عنوان: نانومواد پیشرفته برای تصفیه فاضلاب

پدیدآورنده: Gautam and Chattopadhyaya

سال انتشار: ۲۰۱۷

ناشر: Elsevier Science



آلودگی محیط‌های آبی توسط ترکیبات شیمیایی خطرناک، علت اصلی کاهش تأمین آب شرب سالم در سراسر جهان است. از سوی دیگر استفاده از منابع آب غیرمعارف مانند فاضلاب تصفیه شده یک هنجار جدید خواهد بود. نوآوری‌های نوین و فناوری‌های نوظهور پتانسیل زیادی برای فرآیندهای تصفیه فاضلاب دارند. روش‌هایی که از نانومواد هوشمند با منشأ معدنی و آلی استفاده می‌کنند، راندمان تصفیه را کاهش داده و نیاز انرژی کمتری دارند.

در این کتاب سنتز، ساخت و کاربرد نانومواد پیشرفته در فرآیندهای تصفیه آب شرح داده می‌شود که شامل جذب آن‌ها، تبدیل به موادی با سمیت کمتر، تخریب و جذب و جداسازی رنگ‌های خطرناک، آلاینده‌های آلی، فلزات سنگین و فلزات از محلول‌های آبی می‌شود. این کتاب استفاده از دسته‌های مختلف نانومواد را برای آلاینده‌های مختلف توضیح داده و درک تصفیه آب مبتنی بر فناوری نانو را افزایش می‌دهد تا آب به ماده‌ای با سمیت کمتر و قابل استفاده مجدد تبدیل شود.

از جمله کاربردهای مطرح شده در این کتاب می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

تصفیه آب آلوده به فلوراید با استفاده از الکتروکواگولاسیون و به‌دنبال آن روش میکرو فیلتراسیون، فرآیندهای الکترو اکسیداسیون برای تخریب رنگ و تصفیه فاضلاب رنگی، فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته با استفاده از نانومواد، بیوپلیمرهای پشتیبانی شده با نانومواد برای تصفیه آب، نانوذرات مغناطیسی با دوز کربن فعال برای تصفیه فاضلاب، نانوذرات اکسید آهن برای از بین بردن فلزات سنگین در فاضلاب و مواد نانو برای از بین بردن آرسنیک از فاضلاب.

اهم اخبار و فعالیت‌های عمده انجام شده انجمن آب و فاضلاب ایران در سه ماهه اول سال ۱۳۹۹ به شرح زیر است:

- انتشار چهارمین شماره از سال چهارم نشریه علمی علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران
- اخذ مجوز انتشار نشریه علمی علوم و مهندسی آب و فاضلاب از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی
- انتشار چهل و نهمین خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران (فروردین ۹۹)
- برگزاری سی و هفتمین جلسه هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران (۹۹/۰۲/۰۴)
- شرکت در هفتمین جلسه هیئت مدیره اتحادیه انجمن‌های علوم آب (۹۹/۰۲/۲۵)
- انتشار پنجاهمین خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران (اردیبهشت ۹۹)
- برگزاری سی و هشتمین جلسه هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران (۹۹/۰۳/۲۱)
- شرکت در هشتمین جلسه هیئت مدیره اتحادیه انجمن‌های علوم آب (۹۹/۰۳/۲۱)
- برگزاری چهارمین جلسه شورای سیاست‌گذاری سومین کنگره علوم مهندسی آب و فاضلاب (۹۹/۰۳/۲۵)
- مشارکت در برگزاری وبینارهای تخصصی گروه تخصصی Water Loss در انجمن جهانی آب (IWA)
- انتشار پنجاه و یکمین خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران (خرداد ۹۹)





**حمیدرضا صفوی، نماینده انجمن در دانشگاه صنعتی اصفهان و استان اصفهان**

دکتر حمیدرضا صفوی، استاد دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی اصفهان هستند. ایشان هم‌چنین عضو هیات تحریریه مجله تحقیقات منابع آب ایران و مجله آب و فاضلاب و سردبیر مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب هستند. کتاب‌های "هیدرولوژی مهندسی" و "طراحی و اجرای شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب" از تالیفات ایشان است. از سایر فعالیت‌های ایشان می‌توان به انتشار بیش از پنجاه و دو مقاله در مجلات معتبر بین‌المللی و راهنمایی هشت رساله دکتری و پنجاه و پنج پایان‌نامه کارشناسی ارشد تاکنون و اجرای سی طرح تحقیقاتی با دستگاه‌های اجرایی اشاره کرد.

**رحیم عالی، نماینده انجمن در دانشگاه علوم پزشکی قم**

دکتر رحیم عالی متولد سال ۱۳۵۷ و هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی قم هستند. ایشان در دوران دانشجویی جوایز بسیاری را از جشنواره‌های مختلف دریافت کردند. از فعالیت‌های علمی ایشان ۴۰ مقاله چاپ شده در مجلات معتبر داخلی و خارجی، ۴۴ مقاله ارائه شده در همایش‌ها و کنگره‌ها، ۸ طرح پژوهشی، ۷ طرح در حال اجرا، ترجمه ۳ کتاب، تالیف ۲ کتاب و غیره است. ایشان عضو شورای پژوهشی مرکز تحقیقات آلاینده‌های محیطی علوم پزشکی قم، دبیر طرح تحول و نوآوری در آموزش پزشکی دانشکده علوم پزشکی خوی، مسئول پیگیری و راه‌اندازی مرکز تحقیقات دانشکده علوم پزشکی خوی، راه‌اندازی مرکز امحا و بازیافت انواع لامپ‌های فلورسنت، رئیس کمیته محیط‌زیست اتحادیه انجمن‌های مهندسی و علم مواد کشور و غیره را در کارنامه خود دارند.

**کاوه حریری اصلی، نماینده انجمن در شرکت آب و فاضلاب استان گیلان**

کاوه حریری اصلی دکتری مهندسی مکانیک (تبدیل انرژی) و مشاور مدیرعامل شرکت آب و فاضلاب استان گیلان است. وی دارای سال‌ها تجربه در زمینه طراحی و تدریس علم مهندسی مکانیک بوده و در سال ۱۳۹۸ موفق به احراز عنوان مدرس نمونه دانشگاه در استان گیلان شده است. دکتر حریری در تحقیقات آب و فاضلاب به‌عنوان یکی از مؤثرترین پژوهشگران در ایران شناخته شده است (دریافت جایزه: ۱۳۸۴، ۱۳۹۵، ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ به‌عنوان پژوهشگر برتر در استان گیلان و محقق نمونه صنعت آب و فاضلاب کشور). دکتر کاوه حریری اصلی عضو هیئت داوران نشریات ISI درگروه Elsevier و گروه Springer است. او نویسنده کتاب‌ها و مقالات متعدد مهندسی و عضو هیئت تحریریه چندین ژورنال با نمایه بین‌المللی در زمینه‌های مکانیک سیالات، هیدرولیک، اتوماسیون و سیستم‌های کنترل است. دکتر حریری هم‌چنین عضو هیئت رئیسه کمیته تلفات آب انجمن آب و فاضلاب ایران و مسئول کارگروه بررسی تجربیات جهانی این کمیته است.





## کنفرانس‌های داخلی

| عنوان کنفرانس                                                | برگزارکننده                             | محل برگزاری                               | تاریخ برگزاری        | سایت کنفرانس                                                                    |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| سومین کنگره ملی شیمی و نانوشیمی از پژوهش تا فناوری           | انجمن علوم و فناوری های شیمیایی ایران   | تهران                                     | ۵ و ۶ شهریورماه ۱۳۹۹ | <a href="http://iccnrt.com/fa/">http://iccnrt.com/fa/</a>                       |
| اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت یکپارچه منابع آب در گذر زمان | دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری | ساری - دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری | ۲۳ و ۲۴ مهر ۱۳۹۹     | <a href="http://iwrmt2020.sanru.ac.ir/fa/">http://iwrmt2020.sanru.ac.ir/fa/</a> |
| سومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران                  | انجمن آب و فاضلاب ایران - دانشگاه شیراز | شیراز - دانشگاه شیراز                     | ۴ تا ۶ آذر ۱۳۹۹      | <a href="http://iwwa-conf.ir">http://iwwa-conf.ir</a>                           |

## کنفرانس‌های خارجی

| عنوان کنفرانس                                                                                                          | محل برگزاری                   | تاریخ برگزاری                     | سایت کنفرانس                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nutrient removal and recovery conference (VIRTUAL CONFERENCE)                                                          | Espoo, Finland                | 1 – 3 September 2020              | <a href="http://www.iwa-nrr.org/">http://www.iwa-nrr.org/</a>                                                                                                                         |
| 6th IWA International Symposium on Water, Wastewater and Environment in Ancient Civilizations: Traditions and Cultures | Istanbul, Turkey              | 8 – 10 September 2020 (POSTPONED) | <a href="http://wwetc2020.eap.gr/">http://wwetc2020.eap.gr/</a>                                                                                                                       |
| 2nd Latin American and Caribbean Young Water Professional Conferences: Towards Sustainable Development                 | Manizales, Colombia           | 9 – 12 November 2020              | <a href="http://www.ucm.edu.co/iwa2020/">http://www.ucm.edu.co/iwa2020/</a>                                                                                                           |
| XIV Latin American Workshop and Symposium of Anaerobic Digestion                                                       | Cozumel, Mexico               | 11 – 13 November 2020 (POSTPONED) | <a href="http://www.daal.online/Default-eng.html">http://www.daal.online/Default-eng.html</a>                                                                                         |
| IWA International Strategic Asset Management Forum 2020 (Supported)                                                    | Belgrade, Serbia              | 19 November 2020                  | <a href="https://utvsi.com/event/iwa-international-sam-forum-2020/">https://utvsi.com/event/iwa-international-sam-forum-2020/</a>                                                     |
| 1st Trans-Asia IWA Young Water Professionals Conference on Smart Technologies for Water and Wastewater Treatment       | Vellore, India                | 16 – 19 December 2020             | <a href="https://iwa-ts2020.org/">https://iwa-ts2020.org/</a>                                                                                                                         |
| The 17th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies                                              | Reno, USA                     | 21 – 26 February 2021             | <a href="https://iwa-let.org/">https://iwa-let.org/</a>                                                                                                                               |
| 12th Eastern European Young Water Professionals Conference: Water Research and Innovations in a Digital Era            | Riga, Latvia                  | 31 March – 2 April 2021           | <a href="http://iwa-ywp.eu/">http://iwa-ywp.eu/</a>                                                                                                                                   |
| 11th IWA Efficient Urban Water Management Conference                                                                   | Bordeaux, France              | 7 – 9 April 2021                  | <a href="https://www.efficient2021.org/">https://www.efficient2021.org/</a>                                                                                                           |
| IWA World Water Congress & Exhibition 2021                                                                             | Copenhagen, Denmark           | 9 – 14 May 2021                   | <a href="https://iwa-network.org/events/iwa-world-water-congress-exhibition-2021-copenhagen/">https://iwa-network.org/events/iwa-world-water-congress-exhibition-2021-copenhagen/</a> |
| Conference Wastewater, Water and Resource Recovery                                                                     | Poznan, Poland                | 16 – 19 May 2021                  | <a href="http://www.put.poznan.pl/">http://www.put.poznan.pl/</a>                                                                                                                     |
| 12th Micropol and Ecohazard Conference                                                                                 | Santiago de Compostela, Spain | 6 – 10 June 2021                  | <a href="https://micropol2021.org/">https://micropol2021.org/</a>                                                                                                                     |
| Singapore International Water Week – Water Convention 2020                                                             | Singapore, Singapore          | 20 – 24 June 2021                 | <a href="https://www.siww.com.sg/events/details/water-convention-2020">https://www.siww.com.sg/events/details/water-convention-2020</a>                                               |



انجمن آب و فاضلاب ایران

# کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

## 3<sup>rd</sup> IRAN WATER & Wastewater Science Engineering Congress

24-26 November 2020

Shiraz- Iran



محورهای کنگره:

محور ویژه: تاب آوری سامانه های آب و فاضلاب

دانشگاه شیراز

۴ الی ۶ آذر ماه ۱۳۹۹

مهلت ارسال مقاله کامل: ۵ مهر ماه ۱۳۹۹

[www.iwwa-conf.ir](http://www.iwwa-conf.ir)  
[info@iwwa-conf.ir](mailto:info@iwwa-conf.ir)  
[telegram.me/iwwsec](https://t.me/iwwsec)

- تامین و انتقال آب (با رویکرد آمایش سرزمین)، تصفیه، توزیع و ایمنی آب شرب
- جمع آوری، انتقال، تصفیه، بازچرخانی و بازیافت فاضلاب و آب های سطحی
- رویکردهای نوین استفاده از آب های نامتعارف، آب انبارها و آب های لب شور
- فناوری های نوین در آب و فاضلاب
- ارتقا، مقاوم سازی و بازسازی سامانه های آب و فاضلاب
- مدیریت بهره وری منابع انسانی و تامین منابع مالی پایدار در خدمات آب و فاضلاب
- رویکردهای فنی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و محیط زیستی در مدیریت مصرف آب و سازگاری با کم آبی
- پدافند غیرعامل، مهندسی ارزش، مدیریت انرژی و ایمنی در خدمات آب و فاضلاب
- رویکردهای نوین تامین آب و دفع بهداشتی فاضلاب در روستاها و جوامع کوچک
- برون سپاری، تامین مالی از منابع غیردولتی و ظرفیت خیرین و سمن ها در خدمات آب و فاضلاب
- تدوین استانداردها، ضوابط و تجارب بومی سامانه های آب و فاضلاب
- هوشمند سازی سامانه های آب و فاضلاب



آدرس دبیرخانه:

شیراز- میدان نمازی- دانشگاه شیراز-  
دانشکده مهندسی شماره یک- بخش مهندسی  
راه، ساختمان و محیط زیست- دبیرخانه سومین  
کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

کد پستی ۷۱۳۴۸۵۱۱۵۶

تلفن: ۰۷۱۳۴۴۷۴۰۲۸

فکس: ۰۷۱۳۴۴۷۴۰۲۷





## فراخوان پنجمین دوره انتخاب پایان نامه برتر

۵

ویژه دانش آموختگان سال های ۱۳۹۵ به بعد



انجمن آب و فاضلاب ایران در نظر دارد در پنجمین دوره برگزاری مسابقات پایان نامه برتر، به منظور ترویج تحقیقات بنیادی و کاربردی در کلیه حوزه های مرتبط با علوم آب و فاضلاب، پایان نامه های برتر در "مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری" را با اهدای **لوح تقدیر و جوایز نفیس** مورد تشویق قرار دهد.

از علاقه مندان دعوت می شود تا برای شرکت در مسابقه، فایل پایان نامه به همراه مقالات منتشر شده ISI و علمی- پژوهشی خود را **حداکثر تا تاریخ ۳۰ مهرماه ۱۳۹۹** از طریق سایت انجمن به نشانی **[IRWWA.IR](http://IRWWA.IR)** بارگذاری نمایند.

جوایز نفرات اول تا سوم در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری، همزمان با برگزاری "سومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران" که از ۴ تا ۶ آذرماه ۱۳۹۹ در دانشگاه شیراز برگزار می شود، اعطا می گردد.



۰۲۱-۸۸۳۹۱۳۹۰

[Telegram.me/irwwa94](https://t.me/irwwa94)

|                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>شرکت مهندسی سیال کنترل<br/>کاشفانیر</p>                                                                                             |  <p><b>سیال کنترل</b><br/><b>FLUID CONTROL</b><br/>ما راهی را پیدا می کنیم</p>                                                             |  <p>مهندسین مشاور آبخوان<br/>منابع آب - تأسیسات شهری - سدسازی -<br/>کشاورزی، منابع طبیعی و دامپروری -<br/>حفاظت و مهندسی رودخانه - محیط زیست</p> |
|  <p><b>MZA</b><br/>معین زیست آریا</p>                                                                                                   |  <p><b>پادیاب</b><br/>تجهیز</p>                                                                                                            |  <p><b>PERSIA ARAS</b><br/>JONOUB Co.</p>                                                                                                        |
|  <p><b>S.A.A</b><br/>سنجش افزار آسیا (با مسئولیت محدود)</p>                                                                             |  <p><b>سید یاس فرار</b><br/>(سهامی خاص)</p>                                                                                                 |  <p><b>Halilab Group</b><br/>aidan<br/>Company<br/>شرکت مهندسی حلیل آب پایدار</p>                                                                |
|  <p>شرکت فناوری زیست محیط<br/>ماهای صفا<br/>تأسیسات<br/>۱۵۲۲</p>                                                                       |  <p><b>ماشین سازی اراک</b></p>                                                                                                             |  <p><b>مهاب قدس</b><br/>شرکت مهندسی مشاور<br/><b>MAHAB GHODSS</b><br/>CONSULTING ENGINEERING CO.</p>                                            |
|  <p>مهندسین مشاور<br/><b>آببران</b></p>                                                                                               |  <p><b>SafBon</b></p>                                                                                                                     |  <p>تولایه همیشه<br/>یک کام جلوتر<br/><b>TOLAYEH</b><br/>INDUSTRIAL COMPLEX<br/>تاسیس ۱۳۵۱</p>                                                 |
|  <p><b>BOLANDA</b><br/>تشریفات اتوماتیک بلندا<br/>(خط ۰۲۵-۳۳۳۴۶۰۰۰)<br/><b>BOLANDA</b><br/>www.bolanda-co.com<br/>@bolandafaucets</p> |  <p>مهندسین مشاور مندر از آب<br/>(سهامی خاص)<br/>رسته کارهای آبی - معماری و ژئوتکنیک</p>                                                  |  <p><b>آبساران</b> مهندسین مشاور<br/><b>Absaran Consulting Engineers</b><br/>www.absaran-co.ir</p>                                             |
|  <p><b>FAPCO</b><br/>شرکت فرایند ارفا کام پرداز</p>                                                                                   |  <p><b>گوهه مینا</b><br/>شرکت مهندسی و ساخت<br/>بویلر و تجهیزات مپنا</p>                                                                  | <p>توسعه انهار آریانا</p>                                                                                                                                                                                                           |
|  <p>شرکت مهندسی سپهر کویر فرداد<br/><b>FARDAD</b></p>                                                                                 |  <p><b>DESIGN &amp; BUILD</b><br/>CORNERSTONE<br/>INTERNATIONAL<br/>THE BEST HALLMARK OF HONESTY<br/>شرکت بین المللی سازه های طرح خشت</p> |  <p>مهندسان مشاور آب، فاضلاب و محیط زیست</p>                                                                                                   |
|  <p>مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب</p>                                                                                       |  <p>هپیکو شرکت توسعه خط لوله هامون<br/><b>Hapico</b><br/>Hamoon Pipe Line Development Company</p>                                       |                                                                                                                                                                                                                                     |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>شرکت مهندسان مشاور دریا رود جنوب</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  <p>مهندسان مشاور آب، فاضلاب و محیط زیست</p> |
| <p>شرکت مهندسان مشاور دریا رود جنوب در سال ۱۳۸۴ در شهر کرمان تاسیس شد و در طی سال‌های اخیر نسبت به تاسیس و راه‌اندازی شعبه در شهرهای کرج، مشهد، یزد و قزوین اقدام نموده است. این مهندسان مشاور، در عرصه خدمات گروه مهندسی آب "تخصص تاسیسات آب و فاضلاب" و گروه تخصص‌های مشترک "تخصص محیط‌زیست" تشخیص صلاحیت شده و با داشتن سابقه مفید و موثر در حال انجام خدمات مشاوره است.</p> |                                                                                                                                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>شرکت بین‌المللی سنگ بنای طرح و ساخت</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  <p>شرکت بین‌المللی سنگ بنای طرح و ساخت</p> |
| <p>شرکت طرح و ساخت، در زمستان ۱۳۹۸ و با ترکیبی جوان از مهندسان بین‌رشته‌ای در هیئت مدیره، ثبت شد و با چشم‌انداز ورود به جمع ده شرکت برتر دانش‌بنیان ایران در طول ده سال آینده، فعالیت حرفه‌ای خود را آغاز نمود. این شرکت یکی از اعضای گروه بین‌المللی سنگ بنا است. این گروه از یک مغز متفکر راهبردی و هادی مجموعه به نام شرکت بین‌المللی سنگ بنای مشاوره مدیریت با دو بازوی عملیاتی در حوزه‌های مهندسی و تجاری، به ترتیب با نام‌های سنگ بنای طرح و ساخت و سنگ بنای تجارت راهبردی که هر یک از آن‌ها، با دو موسسه سنگ بنای حقوق احداث و سنگ بنای حقوق بازرگانی، پشتیبانی حقوقی می‌شوند، تشکیل شده است. این شرکت در نظر دارد با اخذ رتبه پیمانکاری، در حوزه‌های ابنیه، نیرو و آب، فعالیت پیمانکاری خویش را به صورت حرفه‌ای، آغاز و پیمانکاری کلید در دست با الگوی صحیح قراردادهای فیدیک را انجام و به سرانجام رساند.</p> |                                                                                                                                |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>شرکت مهندسین مشاور آبساران</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  <p>www.absaran-co.ir</p> |
| <p>شرکت مهندسین مشاور آبساران در تاریخ ۱۳۶۶/۰۱/۲۶ با هدف خدمات مشاوره‌ای در زمینه‌های مطالعات، طراحی و نظارت بر اجرای پروژه‌های تاسیسات آب و فاضلاب، سدسازی، شبکه‌های آبیاری و زهکشی، حفاظت و مهندسی رودخانه، خدمات مشاوره‌ای اقتصادی، پدافند غیرعامل، بندرسازی و سازه‌های دریایی، راه‌سازی، شهرسازی، محیط‌زیست، نقشه‌برداری زمینی و کشاورزی، منابع طبیعی و گلخانه و مدیریت طرح تأسیس شد. شرکت با پشتوانه فنی و تجربی کادر تخصصی خود که در عرصه‌های علمی و دانشگاهی و در زمینه‌های کاربردی و اجرایی، فعالیت داشته‌اند ادامه مسیر داد و با کسب مجوز از سازمان برنامه و بودجه کشور قادر به انجام مجموعه خدمات مشاوره‌ای و مطالعات در زمینه مهندسی آب و تاسیسات زیربنایی شد. این شرکت هم اکنون با استفاده از آخرین دستاوردهای علمی موجود و با استفاده از روش‌های نوین مطالعاتی، توانایی فعالیت در کلیه عرصه‌های صنعت آب و دیگر امور عمرانی کشور را دارا است.</p> |                                                                                                                |



از علاقه‌مندان به حوزه‌های مرتبط با علوم و صنعت آب و فاضلاب دعوت می‌شود تا برای شروع فرآیند عضویت خود در انجمن آب و فاضلاب ایران، از طریق لینک <http://irwwa.ir> به سایت انجمن مراجعه و با ایجاد حساب کاربری در سایت، اقدام به دریافت نام کاربری و رمز ورود اقدام کنند. سپس وارد حساب کاربری خود شده و گزینه عضویت را انتخاب نموده و با تکمیل فرم عضویت حقیقی، عضویت خود را در انجمن تکمیل نمایند. مراحل پرداخت حق عضویت و اعطای کارت پس از ارسال ایمیل تأییدیه از سوی انجمن، شروع خواهد شد.

#### حق عضویت اعضای حقیقی

| نوع                                                                    | مبلغ (ریال) |
|------------------------------------------------------------------------|-------------|
| حق عضویت با تاخیر سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ (به ازای هر سال)                | ۵۵۰۰۰۰      |
| حق عضویت دو ساله (۱۳۹۹ و ۱۴۰۰)                                         | ۱۰۰۰۰۰۰     |
| حق عضویت چهار ساله با تخفیف (۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲)                             | ۱۸۰۰۰۰۰     |
| هزینه صدور و ارسال کارت عضویت (در صورت تمایل به دریافت کارت غیر کاغذی) | ۳۰۰۰۰۰      |

#### حق عضویت اعضای حقوقی

| نوع شرکت | حق عضویت سالانه (ریال) |
|----------|------------------------|
| کوچک     | ۳۰۰۰۰۰۰                |
| متوسط    | ۶۰۰۰۰۰۰                |
| بزرگ     | ۱۰۰۰۰۰۰۰               |

#### هزینه چاپ آگهی در نشریات انجمن

| نوع                         | مبلغ (ریال) |
|-----------------------------|-------------|
| ۱ صفحه در یک شماره          | ۱۲۵۰۰۰۰۰    |
| ۲ صفحه در یک شماره          | ۲۵۰۰۰۰۰۰    |
| ۱ صفحه در چهار شماره پیاپی* | ۵۰۰۰۰۰۰۰    |
| ۲ صفحه در چهار شماره پیاپی* | ۸۰۰۰۰۰۰۰    |

\* شامل یک‌سال عضویت حقوقی انجمن

شماره حساب: ۱۳۵۷۲۰۶۲۳

شماره شبا: IR9301800000000000135720623

شماره کارت مجازی: ۵۸۵۹-۸۳۷۰-۰۰۱۲-۶۲۵۶

بانک تجارت شعبه اردیبهشت (کد ۱۸۷) به نام انجمن آب و فاضلاب ایران  
لطفاً اسکن فیش واریزی را به ایمیل انجمن ([info@irwwa.ir](mailto:info@irwwa.ir)) ارسال فرمایید.

#### مزایای عضویت در انجمن آب و فاضلاب ایران

| مزایای عضویت                                                         |  |  |  |  | عضویت حقیقی |        |  | عضویت حقوقی (شرکت‌ها) |       |      |
|----------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|-------------|--------|--|-----------------------|-------|------|
|                                                                      |  |  |  |  | پایسته      | وابسته |  | کوچک                  | متوسط | بزرگ |
| تخفیف شرکت در کنفرانس‌های انجمن                                      |  |  |  |  | ٪۲۰         | ٪۲۰    |  | ٪۱۰                   | ٪۱۵   | ٪۲۰  |
| تخفیف شرکت در نمایشگاه‌های انجمن                                     |  |  |  |  | -           | -      |  | ٪۱۰                   | ٪۱۵   | ٪۲۰  |
| تخفیف شرکت در دوره‌های آموزشی انجمن                                  |  |  |  |  | ٪۲۰         | ٪۲۰    |  | ٪۱۰                   | ٪۱۵   | ٪۲۰  |
| تخفیف شرکت در کارگاه‌ها و بازدیدهای انجمن                            |  |  |  |  | ٪۲۰         | ٪۲۰    |  | ٪۱۰                   | ٪۱۵   | ٪۲۰  |
| تخفیف چاپ مقالات در مجلات انجمن                                      |  |  |  |  | ٪۲۰         | ٪۲۰    |  | ٪۱۰                   | ٪۱۵   | ٪۲۰  |
| تخفیف چاپ آگهی در مجلات انجمن*                                       |  |  |  |  | -           | -      |  | ٪۲۰                   | ٪۲۰   | ٪۲۰  |
| تخفیف خرید مقاله از مجلات انجمن                                      |  |  |  |  | ٪۲۰         | ٪۲۰    |  | ٪۱۰                   | ٪۱۵   | ٪۲۰  |
| تخفیف خرید انتشارات انجمن                                            |  |  |  |  | ٪۲۰         | ٪۲۰    |  | ٪۱۰                   | ٪۱۵   | ٪۲۰  |
| امکان صدور معرفی‌نامه عضویت در انجمن                                 |  |  |  |  | *           | *      |  | *                     | *     | *    |
| اطلاع‌رسانی و امکان حضور در نشست‌ها، گردهمایی‌ها و کارگروه‌های انجمن |  |  |  |  | *           | *      |  | *                     | *     | *    |
| دسترسی به اطلاعات سایت انجمن                                         |  |  |  |  | *           | *      |  | *                     | *     | *    |
|                                                                      |  |  |  |  | *           | *      |  | *                     | *     | *    |
| دسترسی به آموزش‌های بارگذاری شده در سایت                             |  |  |  |  | *           | *      |  | *                     | *     | *    |
| دسترسی به مقالات بارگذاری شده در سایت                                |  |  |  |  | *           | *      |  | *                     | *     | *    |

محتویات مقاله است و شکل‌ها و جدول‌ها در جای خود جانمایی شده‌اند.

- فایل pdf مقاله بدون نام نویسندگان که شامل کلیه اجزا و محتویات مقاله است و شکل‌ها و جدول‌ها در جای خود جانمایی شده‌اند.

- فایل مشخصات نویسندگان.

- فایل حق چاپ (Copy Right): نامه‌ای است که نویسندگان با مضمون تعهد ارسال مقاله فقط برای مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب تهیه می‌کنند و با امضای کلیه مولفین با ترتیبی که قرار است چاپ شود، ارسال می‌نمایند (نمونه این نامه در زمان ثبت مقاله در قسمت نامه به سردبیر قابل رویت است).

❖ **نرم‌افزار حروف‌چینی:** نرم‌افزار Microsoft Word 2013

❖ **عنوان:** کوتاه اما معرف محتوای مقاله است و از ۱۵ واژه تجاوز نمی‌کند.

❖ **نام نویسنده(گان):**

به‌همان ترتیبی که در مقاله چاپ می‌شود، در یک فایل جداگانه به‌طور کامل آورده می‌شود. عناوین دانشگاهی نویسنده(گان) به‌ترتیب نویسنده: مرتبه علمی، گروه، دانشکده، دانشگاه، شهر، کشور نشان داده می‌شود. عناوین غیر دانشگاهی نیز به‌ترتیب عنوان آخرین مدرک دانشگاهی، سمت، محل کار، شهر و کشور نشان داده شود. ثبت اسامی تمامی نویسندگان به‌همراه پست الکترونیکی و اطلاعات تماس ایشان در سامانه الزامی است. با توجه به سیستم الکترونیک مجله برای پیشبرد وضعیت مقالات، مقاله مستقیماً برای داور ارسال می‌شود، لذا تاکید می‌شود که فایل‌های ارسالی به مجله فاقد نام نویسنده(گان) باشد. در غیر این‌صورت تا اصلاح شدن فایل، ارسال مقاله برای داوران متوقف می‌شود.

❖ **نام مؤسسه:**

نام مؤسسه در بخش فارسی و انگلیسی منطبق بر نام مصوب و رایج مؤسسه است (نام رسمی مندرج در سربرگ رسمی مؤسسات، دانشگاه‌ها، سازمان‌ها و ...).

❖ **چکیده فارسی:**

شامل مقدمه، مواد و روش‌ها (روش تحقیق)، نتایج و بحث و نتیجه‌گیری است. حداقل تعداد کلمات در چکیده ۱۵۰ و حداکثر ۲۵۰ کلمه باشد.

❖ **چکیده انگلیسی:** باید دقیقاً معادل چکیده فارسی باشد.

❖ **واژه‌های کلیدی فارسی و انگلیسی:**

باید یکسان و شامل حداقل چهار و حداکثر شش واژه مجزا باشد که موضوع تحقیق، بیشتر پیرامون آن‌ها است.

❖ **متن مقاله:**

نویسندگان محترم پس از آماده‌سازی مقاله مطابق راهنمای تدوین مقالات، از طریق ثبت‌نام در سامانه الکترونیک مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب به آدرس jwwse.ir می‌توانند وارد صفحه شخصی خود شده و با تکمیل بخش‌های مربوطه، مقاله خود را ارسال نمایند.

توجه به نکات زیر در ارسال مقاله ضروری است:

- ارسال مقاله منحصراً از طریق ثبت‌نام در سامانه الکترونیک مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب انجام می‌شود.

- نویسنده‌ای که برای بار چندم اقدام به ارسال مقاله می‌نماید، حتماً باید از طریق صفحه شخصی قبلی خود نسبت به ارسال مقاله اقدام نموده و به‌هیچ عنوان دوباره در سامانه ثبت نام نکند.

- وارد کردن اسامی و اطلاعات کامل تمامی نویسندگان در سامانه و در محل مربوط به مشخصات نویسندگان مقاله، الزامی است.

- نویسندگان در طی مراحل ارسال مقاله، در قسمت نامه به سردبیر، متعهد می‌شوند که مقاله صرفاً برای مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب تهیه شده و برای چاپ یا ارزیابی به مجله دیگری ارائه نشده است.

- نویسندگان در قسمت ارسال فایل‌ها با ارسال یک فایل word که به امضای همه نویسندگان رسیده است، حق چاپ مقاله را به مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب واگذار می‌نمایند. در غیر این‌صورت مقاله در روند داوری قرار نخواهد گرفت.

- فایل‌هایی که نویسنده در مرحله اولیه ارسال می‌کنند شامل فایل word مقاله بدون نام نویسندگان، فایل pdf بدون نام نویسندگان، فایل مشخصات کامل نویسندگان و فایل اصلی شکل‌ها در محیط نرم‌افزاری مربوطه است.

❖ **دستورالعمل نگارش و تنظیم مقالات:**

مجله علمی علوم و مهندسی آب و فاضلاب به زبان فارسی و با چکیده انگلیسی چاپ می‌شود. تعداد صفحات مقاله کامل و نیز مروری حداکثر ۱۲ صفحه و یادداشت فنی بین ۴ تا ۶ صفحه قابل چاپ است. لازم به ذکر است که مقاله ارسالی نباید هم‌زمان در مجله دیگری چاپ شده یا تحت داوری باشد.

با توجه به آیین نامه جدید نشریات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، از این پس امکان چاپ مقالات پژوهشی نیز وجود دارد و نوع هر مقاله (پژوهشی، ترویجی، یادداشت فنی) در بالای آن درج خواهد شد.

❖ **فایل‌های لازم**

نویسنده مسئول مقاله به‌هنگام ثبت مقاله، فایل‌های زیر را برای دفتر مجله از طریق سامانه ارسال می‌نماید:

- فایل word مقاله بدون نام نویسندگان، که شامل کلیه اجزا و

## ❖ مراجع:

نگارش مراجع در این مجله براساس شیوه مرجع‌نویسی هاروارد است. در متن مقاله به‌منظور اشاره به مرجع به‌صورت انگلیسی (نویسنده، سال) عمل می‌شود و در انتهای مقاله مرجع‌نویسی به‌صورت الفبایی است. ارجاع در داخل متن به بیش از یک مرجع در کنار هم، به‌این صورت است که مراجع با نقطه ویرگول (;) از هم جدا می‌شوند. لازم به ذکر است که همه مراجع فارسی به‌زبان انگلیسی ترجمه و ارائه می‌شوند. فقط مراجعی که در متن مقاله به آن‌ها اشاره شده است، در بخش مراجع آورده می‌شوند. تاکید می‌شود که در بخش فهرست مراجع نام تمامی مجلات- انتشارات- موسسات- کنفرانس‌ها و غیره به‌صورت کامل درج می‌شود و از به‌کار بردن نام اختصاری آن‌ها (Abbreviation) خودداری می‌شود. در متن مقاله نام نویسندگان مراجع فارسی (به‌صورت فارسی) و مراجع انگلیسی (به‌صورت انگلیسی) نوشته می‌شود. در صورتی که نویسندگان تا دو نفر باشند، نام هر دو نویسنده و در صورتی که بیش از دو نفر باشند، از عبارت (و همکاران) یا (et al.) در متن مقاله استفاده می‌شود.

## ❖ مقاله فارسی:

تابش، م.، بهبودیان، ص.، و بیگی، س.، (۱۳۹۳)، "پیش‌بینی بلندمدت تقاضای آب شرب (مطالعه موردی: شهر نیشابور)"، *تحقیقات منابع آب/ایران*، ۱۰(۳)، ۱۴-۲۵.

عنبری، م.، (۱۳۹۲)، "تحلیل ریسک سیستم‌های فاضلاب با استفاده از شبکه‌های بیزین"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران-آب، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

## ❖ مقاله غیر فارسی:

Tabesh, M., Roozbahani, A., Roghani, B., Rasi Faghihi, N., and Heydarzadeh, R., (2018), "Risk assessment of factors influencing Non-Revenue Water using Bayesian Networks and Fuzzy Logic", *Water Resources Management*, 31(9), 2561-2578.

## ❖ مقاله منتشر نشده:

Foladori, P., Tamburini, S. and Bruni, L., (2017), "Bacteria permeabilisation and disruption caused by sludge reduction technologies evaluated by flow cytometry", *Journal of Water Research*, in press.

## ❖ کتاب:

Briere, F.G., (2014), *Drinking-water distribution, sewage, and rainfall collection*, Presses Internationales Polytechnique, Paris.

## ❖ بخشی از کتاب:

Meltzer, P.S., Kallioniemi, A., and Trent, J.M., (2002), "Chromosome alterations in human solid tumors", In: B. Vogelstein and K.W. Kinzler (eds.), *The genetic basis of human cancer*, pp. 93-113, McGraw-Hill, New York.

متن کامل مقاله در دو فایل جداگانه شامل یک فایل ورد با قلم نازک B Nazanin با اندازه ۱۲ برای زبان فارسی و قلم Times New Roman با اندازه ۱۰ برای زبان انگلیسی و با فاصله بین خطوط ۱/۵ سانتیمتر به‌صورت تک ستونی و یک فایل با فرمت pdf ارائه می‌شود. فایل word مقاله، یک مقاله کامل و شامل تمامی اجزای ضروری است و با جانمایی درست شکل‌ها و جدول‌ها ارائه می‌شود. در فایل pdf، مقاله به‌صورت کامل و با جانمایی درست شکل‌ها و جدول‌ها ارائه می‌شود. همان‌طور که اشاره شد، در هر دو فایل word و pdf اسامی و مشخصات نویسندگان به‌طور کامل حذف می‌شوند.

متن مقاله شامل بخش‌های چکیده، مقدمه، مواد و روش‌ها (روش تحقیق)، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری و مراجع و همچنین شکل‌ها و جدول‌ها است. در صورت لزوم، بخش‌های قدردانی در انتهای مقاله و قبل از بخش مراجع نوشته می‌شود. بخش‌های مختلف متن و همه صفحات و همین‌طور تمام سطرها به‌ترتیب شماره‌گذاری می‌شوند.

- معادل انگلیسی کلمات فارسی که نیاز به توضیح به‌زبان اصلی دارد، وقتی برای اولین بار در مقاله به‌کار می‌روند، به‌صورت زیرنویس در صفحه مربوط درج می‌شوند. زیرنویس‌ها در هر صفحه با گذاردن شماره فارسی در گوشه بالای آخرین حرف از کلمه، در متن مشخص می‌شود.

## ❖ جدول‌ها و شکل‌ها:

در صفحات جداگانه در انتهای فایل word مقاله با کیفیت مناسب چاپ ارائه می‌شوند. همه جدول‌ها و شکل‌ها شماره‌گذاری شده و عنوان جدول در بالای آن و عنوان شکل در زیر آن نوشته می‌شود. در عنوان جداول و نمودارها باید سه ویژگی «چه، کجا و کی» برای محتوای آن مشخص شود. مثلاً نوشته شود: نوسان‌های دبی آب خام در تصفیه‌خانه بابا شیخ علی شهر اصفهان در سال ۱۳۹۵. در ضمن اگر شکل یا جدولی از مرجع دیگری اخذ شده است، به مرجع موردنظر در آخر عنوان جدول یا شکل اشاره می‌شود و مشخصات مأخذ در بخش مراجع درج می‌شود. همچنین ارسال فایل اصلی شکل‌ها در محیط نرم‌افزاری به همراه کاربرگ داده‌های نمودار نیز ضروری است. در فایل pdf مقاله، تمامی شکل‌ها و جدول‌ها در محل خودشان در متن مقاله جانمایی می‌شوند.

- در صورتی که در مقاله از عکس استفاده شده باشد، ارسال فایل اصلی آن الزامی است.

- در مورد نمودارهایی که با نرم‌افزارهای تخصصی تهیه شده‌اند، ارسال کاربرگ داده‌های رسم نمودار نیز ضروری است.

## ❖ معادلات:

معادلات به‌صورت خوانا با حروف و علائم مناسب با استفاده از Microsoft Equation تهیه می‌شوند. واحدها برحسب واحد بین‌المللی (SI) و معادلات به‌ترتیب شماره‌گذاری می‌شوند.

❖ **موسسه به جای نویسنده:**

WHO, (2011), *Nitrate and nitrite in drinking-water-background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality*, World Health Organization, Geneva.

❖ **مقالات کنفرانسی:**

Murphy, L.J., Dandy, G.C. and Simpson, A.R., (1994), "Optimum design and operation of pumped water distribution systems", *Proceeding Conference on Hydraulics in Civil Engineering, Institution of Engineers*, Brisbane, Australia, pp. 149-155.

❖ **پایان نامه:**

de Schaetzen, W., (2000), "Optimal calibration and sampling design for hydraulic network models", Doctoral Dissertation, University of Exeter, Exeter, UK.

❖ **سایت اینترنتی:**

Burka, L.P., (2003), "A hypertext history of multiuser dimensions", Viewed 5 Dec. 2015, <http://www.ccs.neu.edu/>

❖ **تذکر مهم:**

با توجه به افزایش شدید هزینه‌های انتشارنشریه در سال ۱۳۹۷، براساس مصوبه هیئت تحریریه و تایید هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران، کلیه مقالاتی که از ابتدای سال ۱۳۹۸ به مجله ارسال می شود باید مبلغ ۵۰۰ هزار ریال برای هزینه داوری و در صورت پذیرش مقاله نیز مبلغ یک میلیون ریال برای هزینه انتشار به حساب انجمن واریز و فیش آن را به همراه فایل‌های مقاله در سایت نشریه بارگزاری کنند.



# Table of Content

|                                                                                                                                                                                                                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Preface</b>                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>2</b>  |
| <b><u>Papers</u></b>                                                                                                                                                                                                                                                 |           |
| <b>A Review of the Use of Unconventional Waters in the Aquaculture Industry</b><br>Mohammad Hossein Khanjani and Saeed Hajirezaee                                                                                                                                    | <b>4</b>  |
| <b>Investigation of Contamination in Irrigation Network of Agricultural Lands North of Khuzestan Plain</b><br>Linda Pour salim, Davood Kahforoushan, Amanallah Ebadi and Milad Mohammadi                                                                             | <b>14</b> |
| <b>Synthesis and Efficiency Evaluation Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>@SiO<sub>2</sub> Nanoparticle in Acid Blue 92 Removal from Aqueous Solutions: Equilibrium and Kinetic Studies</b><br>Zohre Aramesh, Somayeh Rahdar, Shahin Ahmadi, Hojat Shahraki and Abbas Rahdar | <b>23</b> |
| <b>Evaluate and Calculate the Average Zone Pressure and Night-Day Factor and Their Application in the Analysis of Water Distribution Networks</b><br>Ali Mousakhani and Arezo Akbari                                                                                 | <b>33</b> |
| <b>Investigation the Possibility of Using Torbat-Heydarieh Urban Wastewater for Irrigation of Agricultural Products</b><br>Yahya Choopan and Somayeh Emami                                                                                                           | <b>39</b> |
| <b>How to Supply Drinking Water by Implementing Dual Plans in Small Communities (Case Study: Kowsar Complex, Ferdows)</b><br>Yaser Jamshidi Moghadam, Hajar Nowroozi and Navid Abdollahi                                                                             | <b>46</b> |
| <b><u>General Section</u></b>                                                                                                                                                                                                                                        |           |
| <b>Interview</b>                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>55</b> |
| <b>Round-Table</b>                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>59</b> |
| <b>Best Thesis</b>                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>70</b> |
| <b>Best Idea</b>                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>72</b> |
| <b>Book Presentation</b>                                                                                                                                                                                                                                             | <b>73</b> |
| <b>IWWA News</b>                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>75</b> |

# Journal of Water and Wastewater Science and Engineering

Vol. 5, No. 1, Spring 2020

License from Ministry of Science, Research and Technology of  
Iran: No. 3/18/290129 on 6 March 2017.

License from Ministry of Culture and Islamic Guidance: No.  
86092 on 20 January 2020.

**Concessionaire:** Iran Water and Wastewater Association (IWWA)  
**Director-in-Charge:** Tabesh, M. (Ph.D.)  
**Editor-in-Chief:** Safavi, H.R. (Ph.D.)

## Editorial Board:

**Azimi, A.A. (Ph.D.):** Assistant Professor, University of Tehran  
**Bina, B. (Ph.D.):** Professor, Isfahan University of Medical Science  
**Ghanadi, M. (M.Sc.):** Advisor of Deputy of Engineering and Development, Iran National Water and Wastewater Engineering Company  
**Naseri, S. (Ph.D.):** Professor, Tehran University of Medical Science  
**Nazif, S. (Ph.D.):** Associate Professor, University of Tehran  
**Safavi, H.R. (Ph.D.):** Professor, Isfahan University of Technology  
**Sajadifar, S.H. (Ph.D.):** Tehran Water and Wastewater Engineering Company and Assistant Professor, Islamic Azad University  
**Sarrafzadeh, M.H. (Ph.D.):** Associate Professor, University of Tehran and Chairholder of UNESCO Chair on Water Reuse  
**Tabesh, M. (Ph.D.):** Professor, University of Tehran  
**Takdastan, A. (Ph.D.):** Associate Professor, Ahwaz Jundishapur University of Medical Science  
**Talebbeydokhti, N. (Ph.D.):** Professor, Shiraz University  
**Torabian, A. (Ph.D.):** Professor, University of Tehran  
**Vosoghi, M. (Ph.D.):** Professor, Sharif University of Technology



## Industrial Water and Wastewater Policy Council:

**Ghane, A.A. (M.Sc.):** Advisor of Managing Director, Iran National Water and Wastewater Engineering Company  
**Sayahi, A. (Ph.D.):** Director General of the Office of Research, Technology Development and Industry Relations, Iran Water and Wastewater Engineering Company  
**Hajhariri, A. (M.Sc.):** Former Deputy of Supervision of Operation, Tehran Water and Wastewater Company

**Editorial Staff:**  
**Graphic Designer:**  
**Page Setting:**  
**English Editor:**  
**Publisher:**  
**No. of Prints:**  
**Address:**  
**Tel:**  
**Fax:**  
**Print ISSN:**  
**Online ISSN:**  
**E-Mail:**  
**Print:**

**Akhtari, N.**  
**Shahangian, S. A.**  
**Akhtari, N.**  
**Ostadrahimi, A.**  
**Iran Water and Wastewater Association (IWWA)**  
**500**  
**No. 7, 4<sup>th</sup> Floor, 429 Taleghani Street, Tehran, Iran**  
**+98 21 88956097**  
**+98 21 88391390**  
**2588-3941**  
**2588-396X**  
**info@jwwse.ir**  
**Vasef**

# Journal of Water and Wastewater Science and Engineering

Volume 5, No. 1, Spring 2020

|                                                                                                                                                                                                                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Preface</b>                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>2</b>  |
| <b><u>Papers</u></b>                                                                                                                                                                                                                                                     |           |
| <b>A Review of the Use of Unconventional Waters in the Aquaculture Industry</b><br>Mohammad Hossein Khanjani and Saeed Hajirezaee                                                                                                                                        | <b>4</b>  |
| <b>Investigation of Contamination in Irrigation Network of Agricultural Lands North of Khuzestan Plain</b><br>Linda Pour salim, Davood Kahforoushan, Amanallah Ebadi and Milad Mohammadi                                                                                 | <b>14</b> |
| <b>Synthesis and Efficiency Evaluation <math>\text{Fe}_2\text{O}_3@\text{SiO}_2</math> Nanoparticle in Acid Blue 92 Removal from Aqueous Solutions: Equilibrium and Kinetic Studies</b><br>Zohre Aramesh, Somayeh Rahdar, Shahin Ahmadi, Hojat Shahraki and Abbas Rahdar | <b>23</b> |
| <b>Evaluate and Calculate the Average Zone Pressure and Night-Day Factor and Their Application in the Analysis of Water Distribution Networks</b><br>Ali Mousakhani and Arezo Akbari                                                                                     | <b>33</b> |
| <b>Investigation the Possibility of Using Torbat-Heydarieh Urban Wastewater for Irrigation of Agricultural Products</b><br>Yahya Choopan and Somayeh Emami                                                                                                               | <b>39</b> |
| <b>How to Supply Drinking Water by Implementing Dual Plans in Small Communities (Case Study: Kowsar Complex, Ferdows)</b><br>Yaser Jamshidi Moghadam, Hajar Nowroozi and Navid Abdollahi                                                                                 | <b>46</b> |
| <b><u>General Section</u></b>                                                                                                                                                                                                                                            |           |
| <b>Interview</b>                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>55</b> |
| <b>Round-Table</b>                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>59</b> |
| <b>Best Thesis</b>                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>70</b> |
| <b>Best Idea</b>                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>72</b> |
| <b>Book Presentation</b>                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>73</b> |
| <b>IWWA News</b>                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>75</b> |