

مقایسه روش‌های تجربی، فیزیکی و شیمیایی در تعیین عامل تبدیل TDS از EC_{dw} نمونه‌های اندک گرد و غبار

علی محمد قائمی‌نیا^۱، محمدعلی حکیم‌زاده اردکانی^{۲*}

۱. دانشجوی دکترای بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۲. دانشیار دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

* نویسنده مسئول: hakim@yazd.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۴

چکیده

کل مواد جامد محلول در آب (TDS, mg/L) نشان دهنده مقدار وجود املاح در آن است و معمولاً محاسبه آن با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آب (EC_w , $\mu S/cm$) و ضرب آن در عدد تجربی $0/64$ انجام می‌شود. این ضریب کلی است و مقدار آن بسته به نوع نمک‌های محلول در آب متغیر است. در واقع دستگاه‌های اندازه‌گیری TDS با اندازه‌گیری EC محلول و ضریب تبدیل پیش فرض یا انتخابی توسط کاربر، مقدار TDS را نشان می‌دهند. از این رو، روش دقیق آن است که با توجه به نوع املاح محلول این ضریب محاسبه شود. در این پژوهش به منظور تعیین دقیق مقدار املاح محلول همراه گرد و غبار فرونشسته در تله‌های رسوبگیر نصب شده در اراضی شمال دشت یزد-اردکان و به دست آوردن ضریب محاسبه TDS از EC_{dw} حاصل از آبشویی مقادیر اندک گرد و غبار، سه روش شامل استفاده از ضریب تجربی $0/64$ ، توزین باقی‌مانده تبخیر به شیوه فیزیکی و اندازه‌گیری غلظت یون‌های موثر بر شوری به روش شیمیایی مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین عامل‌های تبدیل به دست آمده حاصل از سه روش با آزمون توکی در سطح ۵ درصد نشان داد ضریب تجربی $0/64$ برای تعیین TDS از EC_{dw} ، مقدار TDS را به طور معنی‌داری کمتر از مقادیر روش دیگر برآورد می‌کند. بنابر این، استفاده از این روش، منجر به کم نشان دادن مقدار املاح به همراه گرد و غبار در منطقه مطالعاتی خواهد شد. میانگین عامل تبدیل TDS به دست آمده به روش فیزیکی و شیمیایی بدون اختلاف معنی‌دار به ترتیب با اعداد $1/03$ و $0/90$ در مقایسه با عدد $0/64$ روش تجربی، امکان برآورد دقیق‌تر TDS از داده‌های اندازه‌گیری EC_{dw} حاصل از آبشویی گرد و غبار را فراهم کرده و از آنها می‌توان در تنظیم عامل تبدیل TDS در دستگاه‌های اندازه‌گیری همزمان EC و TDS استفاده کرد.

واژگان کلیدی: املاح هوابرد؛ شوری؛ دشت یزد-اردکان؛ گرد و غبار

■ مقدمه

وقوع پدیده گرد و غبار موجب انتقال مواد مختلفی مانند ذرات معدنی و آلی، مواد مغذی، گازها، آلاینده‌ها، گرده و بذر گیاهان و موجودات ریز^۱ به مسافت طولانی می‌شود (۱). در این میان، یکی از موادی که قابلیت انتقال با گرد و غبار را داشته و موجب وقوع پدیده گرد و غبار شور می‌شود، انواع املاحی است که به همراه گرد و غبار جابه‌جا می‌شود.

به منظور تعیین مقدار املاح در گرد و غبار با توجه به اندک بودن مقدار آن امکان تهیه عصاره اشباع و یا عصاره ۱:۵ وجود ندارد، مگر آن که عصاره‌هایی با رقت بیشتر تهیه گردد که این مورد نیز با توجه به تفاوت مقدار رسوب جمع‌آوری شده در رسوب‌گیرهای مختلف، مقایسه شوری گرد و غبار مکان‌های گوناگون را با مشکل مواجه می‌سازد. از این رو، یکی از متغیرهایی که از آن می‌توان برای تعیین مقدار شوری گرد و غبار یا املاح محلول به همراه گرد و غبار بهره برد استفاده از کل مواد جامد محلول (TDS)^۲ است که با در اختیار داشتن مقدار گرد غبار اولیه، نسبت یا درصد املاح قابل حل مشخص می‌شود. طبق تعریف، کل مواد محلول، به جرم اجزای حل شده بر واحد حجم آب باقیمانده پس از یک مرحله صاف کردن و خشک کردن گفته می‌شود و واحد آن میلی‌گرم بر لیتر است (۱۲). TDS از ویژگی‌های شیمیایی آب است که به‌طور کامل به مقدار مواد یا نمک‌های محلول در آب بستگی دارد (۱۳).

به‌طور متداول، با اندازه‌گیری مقدار هدایت الکتریکی آب (EC_w)^۳ که به‌طور کلی با اجزای یونی حل شده در آن تعیین می‌شود (۳) و اعمال ضریب یا عامل تبدیل (CF)^۴، مقدار TDS برآورد می‌شود. بررسی‌های مختلف متعددی برای تعیین رابطه بین EC و TDS در بررسی کیفیت آب‌ها انجام شده است که حاکی از عدم وجود یک عامل تبدیل ثابت است.

در بررسی اطلاعات کیفی ایستگاه‌های پایش

کیفیت رودخانه‌های زاینده‌رود و کارون و با کمک رگرسیون خطی، رابطه این دو متغیر تعیین و تغییر آنها بررسی و نشان داده شد که ضریب بدون واحد رابطه EC و TDS در رودخانه زاینده‌رود برابر ۰/۶۴۸ و در رودخانه کارون برابر ۰/۶۲۵ است. آلودگی ناشی از فعالیت‌های صنعتی و وجود یون‌های فعال در هوا و خاک حوضه و ورود پساب‌های صنعتی به رودخانه زاینده‌رود در مقابل کاربری اراضی کشاورزی اطراف رودخانه کارون و در نتیجه سهم بیشتر مواد آلی در مقایسه با یون‌های فعال در کل مواد جامد محلول این رودخانه دلیل این اختلاف برشمرده شده است (۲).

نتایج بررسی ارتباط بین EC و TDS برای دو رودخانه کرخه در ایستگاه حمیدیه و قره‌چای در ایستگاه رامیان با بهره‌گیری از روش رگرسیونی نشان داد که همبستگی خطی این دو متغیر قوی است و شیب نمودار ماه‌های خشک و ماه‌های تر به ترتیب برای رودخانه قره‌چای ۰/۶۴۷ و ۰/۶۳۸ و برای رودخانه کرخه ۰/۶۱۲ و ۰/۶۶۹ است. تفاوت سازندهای زمین-شناسی، تغییرات دمای محیط و مقدار دبی دو رودخانه علت تغییر شیب نمودار در ماه‌های تر و خشک بیان شده است (۲۱).

بررسی رابطه همبستگی خطی بین EC و TDS سه نوع آب متفاوت شیرین، دریا و نارگیل سبز در ایالت تامیل‌نادو در جنوب کشور هند نشان داد که ۹۶٪ از تغییر TDS آب دریا می‌تواند از متغیر EC به‌دست آید. نسبت همبستگی بین دو متغیر به‌دست آمده از شیب رابطه خطی برای آب شیرین ۰/۶۵۰، آب دریا ۰/۷۰۷ و برای نارگیل سبز در مناطق مسکونی فاقد آلودگی ۰/۶۳۲ و در کمر بند صنعتی نساجی از ۰/۵۹۰ تا ۰/۹۳۰ متغیر بود که دلیل آن تغییر نوع یون‌ها است (۲۶).

رابطه بین EC و TDS آب رودخانه تجن در دو ایستگاه بالا دست و پایین دست، با توجه به وابستگی آنها به دبی رودخانه، به‌طور جداگانه در فصول پر آب (به ترتیب ۰/۶۳۵ و ۰/۶۵۲) و کم آب (به ترتیب ۰/۶۵۶ و ۰/۶۴۶) نیز از طریق رابطه خطی تعیین شده است (۱۶). همچنین نتایج مطالعه‌ای دیگر در حوضه آبریز

¹ Microbiota

² Total Dissolved Solids

³ Water Electrical Conductivity

⁴ Conversion Factor

برای به دست آوردن عامل تبدیل TDS از EC باید TDS حقیقی^۳ محلول صاف و خشک شده را به دقت وزن و سپس به EC تقسیم کرد (۱۹).

استفاده از یک عامل تبدیل به تنهایی برای تعیین رابطه بین EC و TDS نمونه‌های مختلف مناسب نیست (۲۷) و بنابه نظر برخی محققان (۱۹)، برای تعیین دقیق TDS بهتر است تحلیل وزنی در آزمایشگاه انجام شود. هدف بررسی حاضر، برآورد و مقایسه مقدار TDS حاصل از کاربرد عامل‌های تبدیل به دست آمده به سه شیوه تجربی، فیزیکی و شیمیایی برای تعیین کمی املاح قابل حل در آب به همراه گرد و غبار فرونشسته در منطقه شمال دشت یزد- اردکان بود.

■ مواد و روش‌ها

نمونه‌های مورد بررسی

در این پژوهش که بخشی از ارزیابی کمی و کیفی ترسیب نمک در اراضی کشاورزی توسط فرآیندهای بادی مؤثر در شمال دشت یزد- اردکان در سال ۱۳۹۶ است، برای تعیین دقیق مقدار درصد وزنی املاح به همراه گرد و غبار فرونشسته از متغیر کیفی TDS آب بهره‌گیری شد. نمونه‌برداری از گرد و غبار با نصب ۳۲ رسوبگیر گرد و غبار از نوع MDCO^۴ در ارتفاع یک متری از سطح زمین در منطقه شمال دشت یزد- اردکان در محدوده مختصات جغرافیایی "۵۰'۳۰" ۵۳° تا "۰۱'۳۵" ۵۴° طول شرقی و "۲۲'۴۵" ۳۲° تا "۵۰" ۳۴' عرض شمالی در کاربری‌های اراضی مختلف از قبیل کشاورزی، باغ پسته، بایر و بادشکن زنده درختان، انجام شد (شکل ۱). منطقه پژوهش در ارتفاع متوسط ۹۹۰ متر از سطح دریا قرار دارد و دارای مشکل شوری منابع آب و خاک است (۱۰). محتوای رسوبگیرها پس از گذشت سه ماه از فصل تابستان، به روش شستشو با یک لیتر آب مقطر در اوایل مهرماه جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد.

رودخانه تجن (۲۰) نشان داد که اگرچه رابطه بین TDS و EC برای هر نمونه آب متفاوت و بستگی به غلظت و نوع ناخالصی‌های موجود در آب دارد، با افزایش EC، TDS نیز افزایش می‌یابد و همبستگی بین این دو متغیر زیاد است.

با توجه به سختی اندازه‌گیری TDS در آزمایشگاه، ارتباط بین TDS و EC آب رودخانه کارون با توجه به نوسان‌های زیاد دبی رودخانه، با تفکیک به فصول پر آب و کم آب، برآورد شد (۱۵). نتایج نشان می‌دهد مقدار TDS از EC در فصول پر آب با ضریب تبدیل ۰/۶۱۹ با $R^2=0/۸۵$ و در فصول کم آب با ضریب تبدیل ۰/۶۰۶ با $R^2=0/۸۶$ قابل برآورد است. همچنین به منظور تهیه نقشه تغییرات TDS آب‌های زیرزمینی در دشت ارسنجان (۲۲) و حوضه آبخیز میرده (۲۴)، پس از اندازه‌گیری EC هر نمونه، مقدار TDS با استفاده از روش تجربی محاسبه شده است. لازم به ذکر است با بررسی منابع مختلف، مطالعه‌ای در مورد بررسی رابطه EC زهاب حاصل از آبشویی (EC_{dw})^۱ و TDS آن مشاهده نگردید.

در بررسی برآورد مقدار تقریبی TDS آب آبخوان آلوده به هیدروکربن از دستگاه TDS سنج^۲ که پیش فرض عامل تبدیل TDS از EC آن ۰/۶۴ بود، استفاده شده است (۶). همچنین در مطالعه‌ای دیگر، برای تعیین مقدار املاح محلول به همراه ماسه‌های روان بر روی تپه‌های ماسه‌ای واقع در چهار بیابان در شمال کشور چین، از این نوع دستگاه در عصاره ۱:۵ که در آن از مقدار عددی عامل تبدیل ذکر نشده، به کار گرفته شده است (۲۹).

در استفاده از این دستگاه‌ها برای اندازه‌گیری TDS لازم است عامل تبدیل با توجه به ترکیب نمونه، تعیین و دستگاه برای هر نوع آب واسنجی شود، زیرا مقدار آن برای هر مدل دستگاه و کارخانه سازنده تغییر می‌کند (جدول ۱).

³ Actual TDS

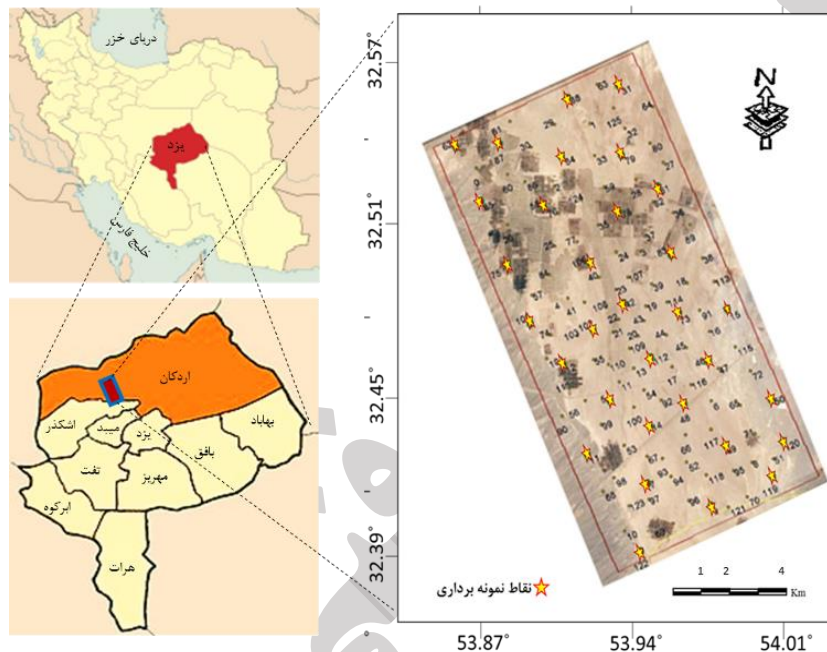
⁴ Marble Dust Collector

¹ Drainage Water Electrical Conductivity

² TDS meter

جدول ۱. عامل تبدیل محاسبه TDS از EC_w در برخی دستگاه‌های اندازه‌گیری TDS

شرکت	مدل	دامنه عامل تبدیل	پیش فرض دستگاه	منبع
Aqualytic	AL20Con	۰/۴-۱/۰	-	(۵)
Jenway	4520	۰/۵-۰/۸	۰/۶	(۱۴)
Extech	EC150	۰/۴-۱/۰	۰/۵	(۹)
Spectrum	110 و CON 11	۰/۴-۱/۰	۰/۵	(۲۵)
Keison	470 portable	۰/۵-۰/۸	۰/۶	(۱۷)



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکنش نقاط نمونه برداری

که در آن، TDS کل مواد جامد محلول در آب با واحد میلی‌گرم بر لیتر، EC هدایت الکتریکی محلول با واحد میکروزیمنس بر سانتی‌متر و ۰/۶۴، ضریب ثابت است.

برای اندازه‌گیری مقدار TDS در گرد و غبار به روش تبخیر فیزیکی، به دلیل اندک بودن مقدار گرد و غبار به دام افتاده در همه رسوبگیرها، کل مقدار گرد و غبار در برداشت میدانی با یک لیتر آب مقطر در داخل بطری جمع‌آوری مخلوط شد و برای آزمایش مورد استفاده قرار گرفت.

با به هم زدن و مخلوط کردن محتوای کامل بطری توسط دستگاه شیکر به مدت ۳۰ دقیقه، اجزای قابل حل گرد و غبار در آب محلول شد و سپس اجزای غیرمحلول

برای تعیین ضریب تبدیل TDS از داده‌های EC_{dw}، اندازه‌گیری EC حاصل از آبشویی محتوای رسوب‌گیرها با بهره‌گیری از دستگاه هدایت‌سنج مدل 3410 Jenway، انجام شد. پس از آن به سه روش: استفاده از ضریب تجربی ۰/۶۴، تبخیر فیزیکی آب آبشویی گرد و غبار صاف شده و نیز جمع‌آوری وزن آنیون‌ها و کاتیون‌ها اندازه‌گیری شده به روش شیمیایی، مقدار املاح همراه با گرد و غبار تعیین و مقایسه شد.

در روش تجربی برای محاسبه مقدار TDS از EC_{dw} به شیوه متداول از ضریب رایج ۰/۶۴ مطابق رابطه (۱) استفاده شد.

$$\text{TDS (mg/l)} = 0.64 \text{EC } (\mu\text{S/cm}) \quad (1)$$

ترتیب برابر با ۲۲/۹۸، ۳۹/۰۹، ۴۰/۰۸، ۲۴/۳۰، ۳۵/۴۶، ۶۱/۰۱ و ۴۸/۰۴ است.

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از متغیرهای مختلف اندازه‌گیری شده از نرم‌افزار آماری Minitab 16 استفاده شد و مقایسه میانگین تکرارها که همان تعداد نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه بود، به روش توکی با سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

داده‌های مربوط به اندازه‌گیری مقدار یون‌های محلول آب حاصل از آبشویی نمونه‌های گرد و غبار نشان داد (جدول ۲) به طور میانگین یون‌های کلر و سولفات بیشترین غلظت را در نمونه‌های مورد بررسی داشت و کمترین مقدار متعلق به یون‌های پتاسیم و منیزیم بود.

در بین یون‌های مورد بررسی، یون‌های کلسیم و سولفات و همچنین یون‌های سدیم و کلر دارای بیشترین همبستگی بودند که به ترتیب حاکی از وجود گچ و سدیم کلرید در نمونه‌های مورد بررسی است. مجموع یون‌های اندازه‌گیری شده به روش شیمیایی، TDS شیمیایی را تعیین کرد. مقادیر مربوط به اندازه‌گیری فیزیکی TDS به روش تبخیر و همچنین نتایج حاصل از اندازه‌گیری EC_{dw} حاصل از آبشویی گرد و غبار با بهره‌گیری از رابطه (۱) در جدول ۲ نشان داده شده است.

تغییرات ضریب تبدیل TDS نمونه‌های گرد و غبار به سه روش تجربی، فیزیکی و شیمیایی در شکل (۲) نشان داده شده است. ضریب تجربی ثابت ۰/۶۴ برای تمامی نمونه‌ها با ترکیب شیمیایی مختلف یکسان در نظر گرفته شده و در نمونه‌های مورد بررسی، منجر به برآورد کمتر از مقدار واقعی املاح به همراه گرد و غبار شد.

مقایسه میانگین عامل تبدیل TDS از EC_{dw} به دست آمده از سه شیوه به منظور تعیین مقدار TDS به روش آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد که روش‌های فیزیکی و شیمیایی به ترتیب با میانگین ۱/۰۳ و ۰/۹۰ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته اما روش تجربی با میانگین ۰/۶۴ با این دو دارای اختلاف معنی‌دار است (شکل ۳).

با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ با منافذ به قطر ۲/۵ میکرون جدا شد. پس از آن برای اندازه‌گیری مقدار اجزای حل شده در آب، عصاره صاف شده متعلق به هر نمونه در داخل بشرهای ۱۰۰ cc ریخته شد. سپس بشرها به داخل آون منتقل گردید و در دمای $60^{\circ}C$ تا زمانی که تمامی آب حاصل از آبشویی به طور کامل تبخیر شده و وزن ثابت به دست آید، قرار داده شد. انتخاب دمای $60^{\circ}C$ به این دلیل صورت گرفت تا در آزمایش‌های آتی بتوان از نمونه‌ها برای اندازه‌گیری سایر عناصر احتمالی همراه با املاح در دستگاه طیف‌سنجی جذب اتمی^۲ استفاده شود (۱۸). در پایان مقدار افزایش وزن هر بشر که نشان دهنده مقدار نمک‌های محلول در آن نمونه آب بود با ترازوی آزمایشگاهی تجزیه‌ای مدل ALC-210.4 از شرکت Acculab، اندازه‌گیری شد.

در روش شیمیایی با توجه به اینکه مجموع غلظت تمامی یون‌های موجود در آب برابر با مقدار TDS است، غلظت یون‌های موثر بر شوری شامل سدیم، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، بیکربنات، کلر و سولفات در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری مقدار املاح موثر در شوری، یون‌های سدیم (Na^{+}) و پتاسیم (K^{+}) با استفاده از دستگاه فلیم-فتومتر مدل PFP7 از شرکت Jenway با شعله سوخت سیلندر گاز مایع، کلسیم (Ca^{++}) با استفاده از بافر کلرید آمونیوم، سود ۴ مول و موراکساید به روش تیتراسیون با EDTA، منیزیم (Mg^{++}) با استفاده از بافر کلرید آمونیوم و معرف اریوکروم بلک T به روش تیتراسیون با EDTA، کلر (Cl^{-}) با استفاده از معرف کرومات پتاسیم و تیتراسیون با نیترات نقره، بیکربنات (HCO_3^{-}) با استفاده از معرف متیل‌اورانژ و تیتراسیون با اسید سولفوریک و سولفات (SO_4^{-}) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (۲۸). سپس برای اندازه‌گیری وزن هر یک از املاح (mg/l)، مقادیر به دست آمده از یون‌های با واحد (meq/l) در جرم اتمی یا مولکولی آن یون ضرب شد. این ضریب برای سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کلر، بیکربنات و سولفات به

¹ Grade

² Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

جدول ۲. نتایج مربوط به اندازه‌گیری و محاسبه مقدار املاح همراه نمونه‌های گرد و غبار آبخوبی شده و عامل‌های تبدیل به دست آمده به دو شیوه فیزیکی و شیمیایی

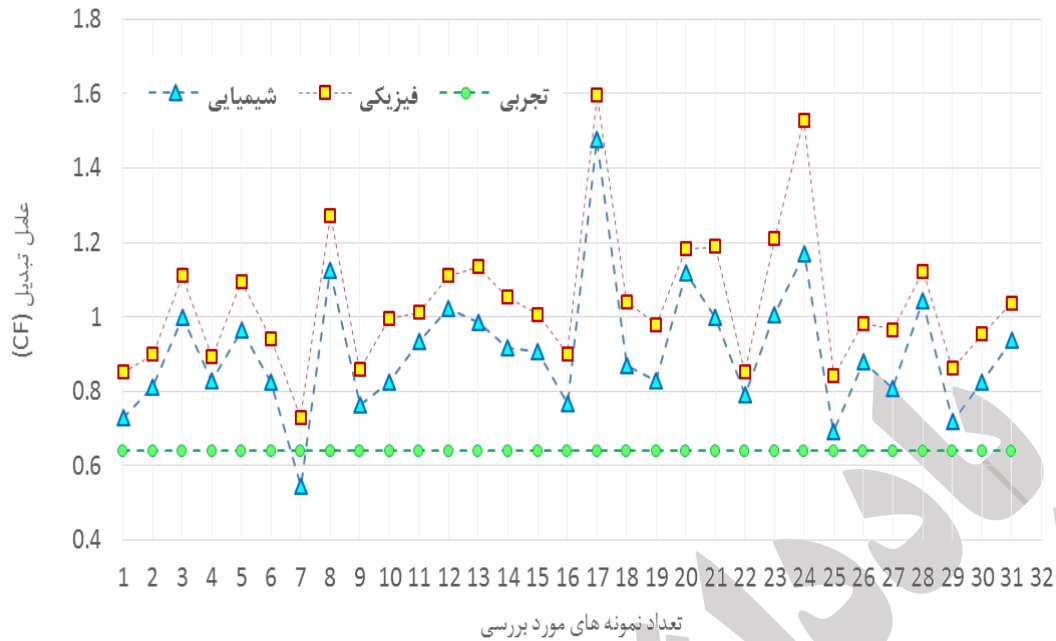
نمونه	آنیون‌ها و کاتیون‌ها (mg/l)			هدایت الکتریکی (μS/cm)	TDS (mg/l)			عامل تبدیل (CF)
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻		SO ₄ ⁻⁻	HCO ₃ ⁻	EC _{dw}	
۱	۲/۹۵	۱/۹۶	۷/۸۱	۲/۵۵	۲۱/۳	۸/۰۵	۱۹/۲۰	۰/۶۴
۲	۸/۰۹	۴/۴۵	۹/۱۱	۳/۸۲	۲۰/۷۰	۱۴/۵۱	۳۷/۰۹	۰/۶۴
۳	۷/۶۹	۲/۹۳	۱۳/۵۲	۶/۵۶	۳۱/۹۵	۱۳/۱۷	۲۸/۸۰	۰/۶۴
۴	۲/۹۵	۴/۱۶	۷/۲۱	۴/۷۳	۱۷/۷۵	۱۳/۱۷	۱۸/۵۷	۰/۶۴
۵	۴/۹۰	۳/۶۱	۱۱/۲۲	۰/۹۷	۲۱/۳	۱۲/۶۸	۳۰/۶۴	۰/۶۴
۶	۵/۹۸	۳/۱۶	۱۱/۹۲	۲/۵۵	۲۲/۷۷	۱۱/۱۰	۲۶/۸۱	۰/۶۴
۷*	۰/۲۷	۰/۹۱	۵/۲۱	۰/۲۴	۵/۲۱	۷/۱	۱۲/۸۰	۰/۶۴
۸	۶/۱۳	۱/۸۱	۳۴/۰۶	۰/۶۰	۳۵/۵	۱۸/۳	۸۰/۲۸	۰/۶۴
۹	۴/۰۴	۱/۰۸	۷/۸۱	۰/۳۶	۲۱/۳	۱۰/۲۴	۲۱/۷۲	۰/۶۴
۱۰	۷/۶۷	۴/۵۸	۹/۸۱	۱/۲۷	۲۰/۷۰	۱۱/۹۵	۳۳/۴۲	۰/۶۴
۱۱	۳/۴۵	۲/۱۴	۱۳/۶۲	۱/۹۴	۲۸/۴	۱۱/۷۱	۲۷/۲۸	۰/۶۴
۱۲	۳/۳۴	۳/۱۹	۱۹/۸۳	۰/۰۹	۲۱/۳	۱۴/۲۷	۲۵/۹۷	۰/۶۴
۱۳	۱/۱۴	۱/۵۵	۷/۸۱	۱/۴۵	۱۹/۵۲	۱۰/۲۴	۱۲/۹۰	۰/۶۴
۱۴	۱۲/۰۳	۴/۷۶	۱۴/۴۲	۲/۷۳	۳۱/۹۵	۱۷/۵۶	۳۷/۳۰	۰/۶۴
۱۵	۰/۹۱	۲/۹۶	۱۲/۶۲	۰/۰۷	۱۲/۶۲	۱۱/۱۰	۲۰/۹۳	۰/۶۴
۱۶	۵/۵۵	۲/۶۲	۱۰/۵۲	۰/۰۷	۱۰/۵۲	۱۱/۹۵	۲۰/۹۳	۰/۶۴
۱۷	۶/۷۳	۹/۷۴	۱۲/۰۲	۴/۲۵	۲۹/۵۸	۵۷/۳۴	۹/۹۶	۰/۶۴
۱۸	۱۰/۲۱	۲/۲۲	۱۲/۸۲	۴/۳۷	۲۸/۴	۱۲/۶۸	۴۷/۴۳	۰/۶۴
۱۹	۱/۸۶	۲/۱۸	۷/۲۱	۲/۱۸	۱۷/۷۵	۸/۷۸	۱۳/۵۳	۰/۶۴
۲۰	۱۲/۷۷	۲/۱۹	۲۸/۰۵	۴/۲۵	۲۸/۰۵	۱۳/۴۲	۷۰/۸۳	۰/۶۴

* ردیف‌های حذف شده به رنگ خاکستری نشان داده شده است. ** به دلیل عدم امکان دسترسی به محل نصب رسوبگیر در زمان جمع‌آوری گرد و غبار این ایستگاه فاقد داده است.

ادامه جدول ۲. نتایج مربوط به اندازه‌گیری و محاسبه مقدار املاح همراه نمونه‌های گرد و غبار آبخوبی شده و عامل‌های تبدیل به دست آمده به دو شیوه فیزیکی و شیمیایی

نمونه	آنیون‌ها و کاتیون‌ها (mg/l)			هدایت الکتریکی (μS/cm)			TDS (mg/l)			عامل تبدیل (CF)				
	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	EC _{dw}	تجربی	شیمیایی	فیزیکی	شیمیایی	فیزیکی	تجربی
۲۱	۵/۵۵	۲/۲۸	۱۴/۰۲	۲/۱۲	۲۲/۷۷	۱۱/۹۵	۴۲/۲۳	۹۲/۵	۵۹/۲	۱۱۰/۰۰	۹۲/۵۲	۱/۱۸	۱/۰۰	۱/۱۸
۲۲	۱۴/۸۵	۲/۰۸	۱۰/۵۲	۱۰/۶۳	۳۵/۲۰	۱۰/۲۴	۲۳/۱۳	۱۲۹/۲	۸۲/۶۸	۱۱۰/۰۰	۱۰۲/۰۵	۱/۰۷	۰/۷۸	۰/۸۵
۲۳	۳/۰۲	۱/۶۰	۹/۸۱	۰/۰۷	۲۶/۹۲	۸/۵۴	۴۱/۵۰	۸۲/۷	۵۲/۹۲	۱۰۰/۰۰	۸۳/۱۸	۱/۲۰	۱/۰۰	۱/۲۰
۲۴	۱۵/۷۹	۶/۰۶	۴۷/۰۹	۱۷/۰۱	۴۷/۳۳	۱۸/۳	۱۱۵/۹۶	۲۲۹	۱۴۶/۵۶	۳۵۰/۰۰	۲۶۷/۵۶	۱/۳۰	۱/۱۶	۱/۵۲
۲۵	۶/۶۴	۳/۶۰	۹/۳۷	۰/۳۱	۱۹/۹۹	۸/۲۴	۳۲/۴۶	۱۰۷	۶۸/۴۸	۹۰/۰	۷۴/۱۶	۱/۲۱	۰/۶۹	۰/۸۴
۲۶	۴/۲۹	۲/۸۲	۱۴/۰۲	۰/۰۷	۲۰/۷۰	۱۱/۱۰	۲۳/۱۳	۸۱/۴	۵۲/۰۹	۸۰/۰۰	۷۱/۵۳	۱/۱۱	۰/۸۷	۰/۹۸
۲۷	۱/۶۱	۳/۲۵	۶/۲۵	۱/۸۹	۱۹/۹۹	۹/۵۱	۱۹/۹۱	۷۲/۵	۴۶/۴	۷۰/۰۰	۵۸/۴۷	۱/۱۹	۰/۸۰	۰/۹۶
۲۸	۲/۹۷	۳/۱۵	۱۳/۶۲	۱/۹۴	۲۳/۶۶	۱۱/۷۱	۲۱/۴۰	۷۱/۲	۴۵/۵۶	۸۰/۰۰	۷۴/۱۹	۱/۰۷	۱/۰۴	۱/۱۲
۲۹	۳/۳۱	۲/۳۶	۹/۶۱	۲/۱۸	۱۹/۵۲	۷/۳۲	۲۸/۰۱	۹۲/۸	۵۹/۳۹	۸۰/۰۰	۶۶/۷۴	۱/۱۹	۰/۷۱	۰/۸۶
۳۰	۳/۵۴	۲/۷۵	۱۶/۴۳	۰/۹۹	۱۹/۴۰	۷/۰۰	۲۳/۶۶	۸۳/۸	۵۳/۶۳	۸۰/۰۰	۶۹/۰۶	۱/۱۵	۰/۸۲	۰/۹۵
۳۱	۴/۹۰	۴/۳۱	۱۴/۴۲	۰/۰۸	۲۳/۶۶	۱۱/۷۱	۳۹/۰۳	۹۶/۴	۶۱/۶۹	۱۰۰/۰۰	۹۰/۳۳	۱/۱۰	۰/۹۳	۱/۰۳
**۳۲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
میانگین	۵/۴۸	۳/۰۹	۱۲/۷۴	۲/۲۴	۲۴/۱۳	۱۳/۰۹	۳۲/۲۸	۹۴/۰۷	۶۰/۲۰	۹۷/۵۸	۸۶/۱۳	۱/۱۴	۰/۹۰	۱/۰۳

* ردیف‌های حذف شده به رنگ خاکستری نشان داده شده است. ** به دلیل عدم امکان دسترسی به محل نصب رسوبگیر در زمان جمع‌آوری گرد و غبار این ایستگاه فاقد داده است.



شکل ۲. تغییر عامل تبدیل (CF) به سه روش تجربی، فیزیکی و شیمیایی در نمونه‌های مورد بررسی



شکل ۳. معنی‌داری اختلاف بین روش تجربی با روش‌های فیزیکی و شیمیایی در تعیین عامل تبدیل TDS

TDS است. با توجه به دستورالعمل موجود در دفترچه راهنمای استفاده از دستگاه‌های بررسی شده، در این دستگاه‌ها غالباً یک عدد عامل تبدیل TDS قابل تنظیم است و امکان تعریف عرض از مبدأ (b) رابطه خطی در آنها وجود ندارد. مگر آنکه از مقدار b صرف نظر نمود که کاهش دقت محاسبه TDS را به دنبال خواهد داشت و موجب برآورد کمتر یا بیشتر از مقدار واقعی خواهد شد. از این رو، در روش کار ارائه شده در این گزارش فنی، با

■ بحث و نتیجه‌گیری

مقدار عامل تبدیل تعیین TDS از EC_{dw} بستگی به ویژگی اجزای محلول در آب دارد. نتایج حاصل از بررسی پژوهش‌های انجام شده در زمینه به دست آوردن TDS سایر نمونه‌ها با اندازه‌گیری EC، به روش تعیین رابطه رگرسیونی خطی بین EC و TDS، نشان می‌دهد یکی از محدودیت‌های این روش، عدم امکان استفاده از رابطه به دست آمده در دستگاه‌های اندازه‌گیری همزمان EC و

مشخص که قابلیت نگه داشت حداقل ذرات بزرگ‌تر از یک میکرون را داشته باشد، توصیه می‌شود.

از سوی دیگر، مقدار TDS تعیین شده به روش فیزیکی می‌تواند از روش شیمیایی مساوی یا بیشتر، تا حد ۱/۲ برابر باشد (۴)، زیرا ممکن است عناصر دیگری به غیر از یون‌های اندازه‌گیری شده در محلول وجود داشته باشند که در روش شیمیایی در نظر گرفته نشده است و از این رو، موجب کمتر به دست آمدن TDS برآوردی به روش شیمیایی نسبت به اندازه‌گیری فیزیکی شده است. نتایج حاصل از تعیین فیزیکی و شیمیایی TDS برای نمونه‌های گرد و غبار نشان داد این نسبت برای ۲ نمونه بیشتر از ۱/۲ شد، از این رو موجب شد این نمونه‌ها حذف و ۲۹ نمونه باقی‌مانده (جدول ۲) مورد بررسی قرار گیرد.

با توجه به امکان حضور ترکیب بیکربنات سدیم به دلیل وجود یون‌های بیکربنات و سدیم در نمونه‌ها (جدول ۲) و با توجه به این که بیکربنات سدیم در دمای 80°C به کربنات سدیم، دی‌اکسید کربن و آب تجزیه می‌شود (۸)، بهره‌گیری از دمای 60°C در روش فیزیکی مانع از تجزیه کامل این ترکیب به اجزای سازنده آن در باقی‌مانده تبخیر خواهد شد، در غیر این صورت در دمای زیادتر یون بیکربنات به طور کامل حذف و مقدار TDS اندازه‌گیری شده به روش فیزیکی کاهش خواهد یافت. همچنین باقی‌ماندن آب تبلور^۲ در درون مواد جامد معدنی محلول در این دما نیز می‌تواند موجب افزایش وزن املاح در باقی‌مانده تبخیر شده باشد.

از سوی دیگر، خطاهای مربوط به مقدار دقت ظرف‌های شیشه‌ای مدرج و خطای قرائت بورت در نقطه انتهایی حجم‌سنجی^۳ و همچنین خطای دستگاه‌های فلیم‌فوتومتر و اسپکتروفوتومتر و محلول‌های استاندارد مورد استفاده برای واسنجی^۴ آنها را نیز می‌توان از دلایل اختلاف تعیین TDS به روش شیمیایی نسبت به روش فیزیکی برشمرد که در این مقاله مورد بررسی قرار نگرفته است.

اندازه‌گیری TDS حقیقی نمونه‌های آب حاصل از آبشویی گرد و غبار به روش تبخیر و محاسبه میانگین، عدد عامل تبدیل TDS از EC تعیین گردید تا با استفاده از آن به-توان مقدار املاح به همراه گرد و غبار را با اندازه‌گیری سریع EC_{dw} تعیین کرد.

نتایج نشان داد ضریب تجربی $0/64$ برای تعیین TDS از EC_{dw} حاصل از آبشویی گرد و غبار فرونشسته در شمال دشت یزد-اردکان، مقدار TDS را به طور معنی‌داری کمتر از مقدار تعیین شده به روش فیزیکی و شیمیایی برآورد کرده است و استفاده از این روش تجربی، به طور قطع موجب کم برآوردی مقدار املاح به همراه گرد و غبار خواهد شد.

بررسی نتایج حاصل از دو روش فیزیکی و شیمیایی برای تعیین عامل تبدیل TDS از EC_{dw} نشان از تفاوت این مقادها، اما بدون اختلاف معنی‌دار داشت که ناشی از محدودیت‌های این دو روش بود. به دست آمدن TDS بیشتر به روش فیزیکی نسبت به روش شیمیایی از یک سو، به دلیل عدم استفاده از کاغذ صافی با اندازه منافذ به اندازه کافی ریز (عدم دسترسی به کاغذ صافی توصیه شده در منابع) بود که با این که هنگام تصفیه، عصاره شفاف به دست آمد اما قابلیت نگهداشت ذرات ریزتر از اندازه منافذ صافی را نداشت و امکان ایجاد خطای ناخواسته در اندازه‌گیری TDS را به وجود آورد. از این رو ضروری است در آزمایش‌های آینده در مطالعه گرد و غبار و آبشویی آن، متغیر نگهداری ذره^۱ صافی مورد استفاده، در نظر گرفته شود. مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۰۷۶۰ باعنوان ویژگی پسماند- اندازه‌گیری TDS در آب و محلول‌های حاصل از شویش، استفاده از صافی غشایی متخلخل با اندازه منفذ $0/45$ میکرون برای صاف کردن آزمایش ضروری است (۱۲). با توجه به بیشتر بودن احتمال وجود ذرات ریز در حد چند میکرون در نمونه‌های گرد و غبار در بررسی‌های انجام شده (۷، ۱۱، ۲۳)، در مقایسه با نمونه‌های معمولی خاک در آزمایشگاه خاک‌شناسی که بادبردگی برای آنها رخ نداده است، بنابراین استفاده از کاغذهای صافی استاندارد با شماره

² Water of crystallization

³ Titration

⁴ Calibration

¹ Particle Retention

می‌کند. نتایج همچنین نشان داد برای سنجش مقدار املاح قابل حل به همراه گرد و غبار که به طور معمول در بیشتر نمونه‌برداری‌ها دارای مقدار اندکی است، اندازه-گیری TDS آب آبشویی گرد و غبار (به روش فیزیکی) می‌تواند کارآمدتر باشد.

نتایج حاصل از مقایسه سه شیوه تعیین TDS نشان داد روش دقیق برای تعیین TDS، اندازه‌گیری آن در آزمایشگاه به روش فیزیکی است که با نظر (۱۹) نیز مطابقت دارد. تعیین عامل تبدیل TDS به روش فیزیکی و شیمیایی به ترتیب با اعداد ۱/۰۳ و ۰/۹۰ در مقایسه با عامل تبدیل ۰/۶۴ در روش تجربی، امکان محاسبه دقیق-تر TDS از داده‌های حاصل از اندازه‌گیری EC_{dw} را فراهم

■ References

1. Abuduwaili, J., M. V. Gabchenko and Junrong, X. (2008). Eolian transport of salts—a case study in the area of Lake Ebinur (Xinjiang, Northwest China), *Arid Environments*, 72, 1843–1852.
2. Aghashahi, M., Nazariha, M., Saeidi, P. and Behzad, E. (2012). Determination and comparison of the relationship between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids in Zayanderud and Karun rivers, 1st National Conference of Water flow and Pollution, Tehran University, 11 p. (in Farsi).
3. Ali, N. S., K. Mo and Kim, M. (2012). A Case Study on the Relationship between Conductivity and Dissolved Solids to Evaluate the Potential for Reuse of Reclaimed Industrial Wastewater, *Civil Engineering*, 16(5), 708-713.
4. American Public Health Association (1999). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Part 1000, Introduction, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation,. Retrieved 12/9/2018 from https://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3000.pdf. 541 p.
5. Aqualytic Company (2003). Conductivity/TDS/Salinity Meter Operating instructions, Model AL20Con, 24 p. Retrieved 11/22/2018 from <http://en.aqualytic.de/downloads/instructions>.
6. Atekwana, E. A., Atekwana, E. A., Rowe, R. S., Werkema Jr., D. D. and Legall, F. D. (2004). The relationship of total dissolved solids measurements to bulk electrical conductivity in an aquifer contaminated with hydrocarbon, *Applied Geophysics* 56, 281–294.
7. Bahramvash shams, S. & Mohammadzadeh, A. (2014). Study of optical properties and dust particle size and their dependence with AERONET data, *Advanced Applied Geology*, 3(10), 54-63 (in Farsi).
8. Buddies, S. and Lohner, S. 2017. Vanishing Baking Soda, A decomposing science project, Retrieved 1/19/2019 from <https://www.scientificamerican.com/article/vanishing-baking-soda.html>.
9. Extech Company (2013). Conductivity and TDS Meter, User's Guide, Model EC150, 12 p. Retrieved 11/22/2018 from http://www.extech.com/resources/EC150_UM.pdf.
10. Ghaemina, A. M., Hakimzadeh Ardakani, M. A., Taghizadeh-Mehrjardi, R. and Dehghani, F. (2018). Seasonal variation in the amount of salt fallout from dust in the north of Yazd-Ardakan plain, *Desert Ecosystem Engineering*, 7(20), 33-44 (in Farsi).
11. Ghorbanian, G. & Kardavani, P. (2015). Study of Ahvaz dust textures with of X-ray analysing method and the relationship between storms exacerbated by destruction of Hoorolazimwetlands, *Wetland Ecobiology*, 6(2): 93-101 (in Farsi).
12. Iranian National Standardization Organization (INSO) (2016). Characterization of waste – Determination of Total Dissolved Solids (TDS) in water and eluates, No. 20760, 1st edition, 12 p. (in Farsi).

13. Jalilian, M. and Amini, J. (2008). Investigation of relationship between EC and TDS in water of Zayanderud river and drinking water of Isfahan city, 1st conference on Environmental planning and management, Tehran University, Faculty of Environment, 10 p. (in Farsi).
14. Jenway Company (2003). Conductivity/TDS Meter Operating Manual, Model 4520, Retrieved 11/22/2018 from [http://www.jenway.com/adminimages/4520\(1\).PDF](http://www.jenway.com/adminimages/4520(1).PDF), 28 p.
15. Karami, O. and Hushmand, A. (2014). Verification and Estimation of the Relationship between TDS and EC of Karoon River water in High and Low water Seasons, 4th National Conference on Irrigation and drainage networks management, Shahid Chamran University of Ahvaz, 8 p. (in Farsi).
16. Kazemi Kordasiabi, M. and Alizadeh, A. (2015). Verification and Estimation of the Relationship between TDS and EC for Rivers of Rigcheshmeh, Kordkheyl and Soleymantangeh, 1st National Conference on Iran's Irrigation and Drainage, Ferdowsi University of Mashhad, 9 p. (in Farsi).
17. Keison Company (2003). Conductivity/TDS meter operating manual, Model 470 portable, 17 p. Retrieved 11/22/2018 from http://www.keison.co.uk/products/jenway/470_Mk_II_Manual.pdf.
18. Maslehati, T. Z., Kariman, A. S., Abolhassani, E. and Rafice, M. (2015). What an operator should know about sampling preparation in chem. analysis Lab., *Laboratory Knowledge*, 2(4), 4-8 (in Farsi).
19. Rusydi, A. F. (2018). Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water: A review, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 118, Bandung, Indonesia, 7 p.
20. Sadeghi, S. and Jafari Talakolahi, M. (2014). Estimation of relationship between TDS and EC of Tajan River water in high and low water seasons, 1st National Conference on Drainage and Sustainable Agriculture, Tarbiat Modares University, 9 p. (in Farsi).
21. Sarang, A., Zanjanian, H., Jafari, H. and Ramezani, M. (2015). Determining the Relationship between TDS and EC Parameters and Investigating Factors Affecting the Relationship of Two Parameters (Case Study: Karkheh and Gharehchay River), 10th International Congress on Civil Engineering, University of Tabriz, 8 p. (in Farsi).
22. Shabani, M. (2008). Determination the most appropriate geostatistical method to prepare pH and TDS changes map for groundwater (Case study: Arsenjan plain), *Water Engineering*, 1(1), 47-57 (in Farsi).
23. Shahsavani, A., Yar Ahmadi, M., Jafarzadeh Haghighifard, N., Naemabadi, A., Mahmoudian, M. H., Saki, H., Solat, M. H., Solcimani, Z. and Nadafi, K. (2011). The effects of dust storms on health and the environment, *North Khorasan University of Medical Sciences*, 2(4), 45-56. (in Farsi)
24. Solaimani, K., Zandi, J. and Sayran, Z. (2013). Evaluation of geostatistical methods Efficiency to prepare pH and TDS changes map for springs (Case study: Mirdeh watershed, Kordestan), *Environmental studies*, 38(4), 57-66 (in Farsi).
25. Spectrum Technologies (2003). Instruction manual CON 11 and 110 handheld Conductivity/ TDS/ Temperature/ RS232C meter, Retrieved 11/22/2018 from https://www.specmeters.com/assets/1/22/2220-Full_Manual.pdf, 80 p.
26. Thirumalini, S. and Kurian, J. (2009). Correlation between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids in natural waters, *Science*, 28(1), 55-61.
27. US EPA. (2004). Guidelines for water reuse, EPA/625/R-04/108 September.
28. Yargholi, B. and Azarneshan, S. (2015). Sampling and testing of water and wastewater Instructions, Agricultural Engineering Research Institute, 87 p. (in Farsi).
29. Zhu, B. and Yang, X. 2010. The origin and distribution of soluble salts in the sand seas of northern China, *Geomorphology*, 123, 232-242.

Comparison of Empirical, Physical and Chemical Methods in Determination of TDS Conversion Factor from EC_{dw} of Leached Low Dust Samples

A. M. Ghaemini¹, M. A. Hakimzadeh Ardakani^{2*}

1. Ph.D. Candidate of Combating Desertification, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.
 2. Associate professor, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.
- * Corresponding Author: hakim@yazd.ac.ir

Received date: 24/01/2019

Accepted date: 14/05/2019

Abstract

Total Dissolved Solids (TDS, mg/L) indicates the amount of soluble salts in water or in a solution, and usually calculates by measuring the electrical conductivity (EC_{dw} , $\mu S/cm$) and then multiplied by 0.64. This is a general conversion factor (CF) and its amount varies depending on the water-soluble components. In fact, TDS meters determine TDS value by measuring of the EC solution and default or user-selected CF. Hence, the precise method is to calculate this coefficient according to the solute type. In this research, to determine precisely the amount of soluble solids along with suspended dust in MDCO sediments traps installed in the north of the Yazd-Ardakan plain. To obtain the TDS calculation coefficient from EC_{dw} resulting from leaching of small amounts of dust, three methods including of an experimental coefficient of 0.64, physical vapor deposition weighing and measuring the concentration of ions affecting chemical salinity were compared. Comparison of mean of the CFs obtained from the three methods showed that the TDS value of the method of coefficient of 0.64 for determination of TDS from EC_{dw} , was significantly lower than the other two methods. Hence, applying of this method, leads to a low level of solute content with dust in the study area. The average of the TDS conversion factor obtained by the physical and chemical methods without significant differences were 1.03 and 0.90 respectively, compared to 0.64 in the experimental method, that makes it possible to calculate more precisely the TDS from the measured EC_{dw} data that derived from leached dust, and it can be used to adjust the TDS conversion factor in EC and TDS simultaneous measurement devices.

Keywords: Airborne salts; Salinity; Yazd-Ardakan plain; Dust