

## پیش بینی کیفیت آب سد حسنلو در حداکثر تراز آبی دریاچه به منظور استفاده در شرب و بهداشت

سیمین ناصری<sup>۱</sup>، امیر حسین محوی<sup>۲</sup>، جعفر نوری<sup>۳</sup>، رامین نبی زاده<sup>۴</sup>، فروغ واعظی<sup>۵</sup>، علی احمد آقاپور<sup>۶</sup>

تاریخ دریافت 85/8/24، تاریخ پذیرش 85/12/16

## چکیده

پیش زمینه و هدف: با عنایت به این که سد حسنلو بر روی تالاب شور گل احداث شده است و خاک کف دریاچه از نوع خاک های شور و قلیایی می باشد لذا کیفیت شیمیایی آب ورودی به سد تحت تاثیر خاک کف آن قرار گرفته و تغییر می نماید (۱۳). هدف این طرح تعیین میزان تغییرات کیفیت شیمیایی آب دریاچه نسبت به افزایش حجم دریاچه و پیش بینی آن در حداکثر حجم دریاچه می باشد.

مواد و روش ها: براساس دادهای کمی و کیفی مربوط به آب دریاچه سد حسنلو از زمان احداث سد و اندازه گیری آنها در سال ۱۳۸۵ و انجام عملیات صحرایی ایستگاه های نمونه برداری مورد نیاز جهت پایش کیفیت شیمیایی آب دریاچه سد حسنلو انتخاب شد و سپس نمونه ها در آزمایشگاه آب شرکت سهامی آب منطقه ای آذربایجان غربی آنالیز گردید. با استفاده آنالیز رگرسیون در محیط MS-EXCEL همبستگی بین پارامترهای کیفی آب دریاچه و حجم آن مورد تحلیل قرار گرفته است برای پیش بینی کیفیت آب دریاچه در حداکثر تراز آبی از روابط آماری موجود بین تغییرات پارامترهای کیفیت شیمیایی آب (با سطح اطمینان ۹۹٪) استفاده شده است.

یافته ها: همه پارامترهای کیفی آب شامل  $SO_4^{2-}$ ،  $CL^-$ ،  $K^+$ ،  $Na^+$ ،  $Ca^{+2}$ ،  $Mg^{+2}$  (به جز یون بی کربنات، به دلیل وابستگی غلظت آن به واکنش های بیولوژیکی و  $CO_2$  هوا) همبستگی معنی داری با حجم دریاچه سد داشتند.

بحث و نتیجه گیری: با مقایسه کیفیت آب پیش بینی شده برای دریاچه سد حسنلو در حداکثر تراز آبی و استانداردهای کیفیت شیمیایی آب آشامیدنی سازمان جهانی بهداشت (WHO) پیش بینی می شود که با افزایش حجم دریاچه تا تراز نهایی کیفیت شیمیایی آب برای مصارف شرب قابل استفاده خواهد شد. لذا با احداث تصفیه خانه متداول می توان از آب آن برای تامین آب شرب اجتماعات اطراف استفاده نمود.

کل واژه ها: آب شرب، کیفیت آب، مخازن، سد حسنلو

مجله پزشکی ارومیه، سال هجدهم، شماره چهارم، ص ۶۲۹-۶۲۴، زمستان ۱۳۸۶

آدرس مکاتبه: بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی تهران تلفن تماس ۰۹۱۴۳۴۸۸۶۶۵

E-mail: aghapour@umsu.ac.ir

## مقدمه

تراز ماکزیمم ۵ میلیون متر مکعب و در شرایط متوسط ۲/۵ میلیون متر مکعب و تنها منبع تغذیه آن، رواناب های سطحی حاصل از ریزش های جوی و زهاب های کشاورزی منطقه بود. و به علت واقع شدن آن در پست ترین نقطه منطقه، دارای خروجی جریان آب نبوده و با قطع شدن رواناب های مذکور و تبخیر زیاد، تالاب در فصول گرم سال خشک شده و یا به صورت باتلاقی در می آمد.

سد حسنلو در استان آذربایجان غربی و بر روی یکی از تالاب های مهم حاشیه جنوب غربی دریاچه ارومیه به نام شورگل، که در محدوده شهرستان نقده می باشد احداث شده است این سد از نوع خاکی بوده و حجم ذخیره آب آن در حداکثر تراز آبی ۹۶ میلیون متر مکعب بوده و طول تاج آن ۵۲۷۲ متر می باشد جز سدهای بزرگ کشور محسوب می باشد. قبل از احداث سد حجم آن در

<sup>۱</sup> استاد دانشکده بهداشت و انیستیتوی تحقیقات بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی تهران (نویسنده مسئول)

<sup>۲</sup> دانشیار دانشکده بهداشت و انیستیتوی تحقیقات بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی تهران

<sup>۳</sup> دانشیار دانشکده بهداشت و انیستیتوی تحقیقات بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی تهران

<sup>۴</sup> استادیار دانشکده بهداشت و انیستیتوی تحقیقات بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی تهران

<sup>۵</sup> دانشیار دانشکده بهداشت و انیستیتوی تحقیقات بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی تهران

<sup>۶</sup> مربی دانشگاه علوم پزشکی ارومیه

تحت پوشش قرار دهند. که موقعیت آنها در شکل (۱) نشان داده شده است.

پ) نمونه برداری و انجام آزمایش ها

نمونه بردای به صورت ماهانه و به مدت شش ماه انجام گرفت. با عنایت به اینکه علامت گذاری ایستگاه ها به علت قرار گرفتن در داخل آب مشکل بود لذا برای تثبیت محل آنها در داخل دریاچه UTM هر یک از آنها از روی نقشه سد که در نرم افزار اتوکد و بر اساس مشخصات UTM تهیه شده بود، تعیین گردید و در مواقع نمونه بردای با استفاده از دستگاه GPS موقعیت هر یک از ایستگاه ها شناسایی و نمونه برداری لازم انجام گرفت. ظروف نمونه بردای از جنس پلاستیکی و با حجم ۲۰۰ میلی لیتر انتخاب شده بود. پارامترهای دما، PH، هدایت الکتریکی در محل اندازه گیری و سایر پارامترها در آزمایشگاه آب شرکت سهامی آب منطقه ای آذربایجان غربی تعیین گردیده است (۱۰۴،۱۲).

ت) تعیین میزان همبستگی پارامترهای کیفی آب به حجم دریاچه و پیش بینی آنها

با استفاده از آنالیز رگرسیون در محیط میکروسافت اکسل همبستگی بین پارامترهای کیفی آب دریاچه و حجم آن مورد تحلیل قرار گرفته و برای پیش بینی کیفیت آب دریاچه در حداکثر تراز آبی از روابط آماری موجود بین تغییرات پارامترهای کیفیت شیمیایی آب (با سطح اطمینان ۹۹٪) استفاده شده است (۱۱،۸).

جدول (۱): پارامترهای انتخاب شده جهت اندازه گیری (۸وا)

ردیف	نام پارامتر	علامت اختصاری	ردیف	نام پارامتر	علامت اختصاری
۱	کل مواد محلول	TDS	۶	پتاسیم	K <sup>+</sup>
۲	سختی آب	T.H	۷	بیکربنات	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
۳	کلسیم	Ca <sup>2+</sup>	۸	کلرور	Cl <sup>-</sup>
۴	منیزیم	Mg <sup>2+</sup>	۹	سولفات	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
۵	سدیم	Na <sup>+</sup>			

### نتایج طرح

برای تعیین کیفیت آب دریاچه از ۹ ایستگاه به طور ماهانه به مدت ۶ ماه نمونه برداری گردید که در کل تعداد کل نمونه های آنالیز شده برای هر یک از پارامترهای کیفی آب دریاچه در طول مطالعه ۵۴ مورد بود. نظر به این که کیفیت آب در ایستگاه های نمونه برداری نزدیک به هم بودند لذا میانگین مقادیر هر یک از پارامترها در هر ماه به عنوان مشخصات کیفی آب دریاچه در آن ماه منظور گردید که در مجموع برای هر یک از پارامترها ۶ داده

در اثر تکرار این عمل در طول سالیان متمادی اصلاح آب در کف تالاب رسوب نموده و به وسیله فرایندهای شیمیایی، در خاک کف تالاب تجمع یافته است. به طوری که خاک کف تالاب به خاک شور قلیایی تبدیل شده است (۱۳). بعد از احداث سد تغذیه آن تنها به وسیله یک کانال انتقال به طول ۱۲/۵ کیلومتر با دبی حداکثر ۱۵ M<sup>3</sup>/S از آب رودخانه گذار و به طور ثقلی صورت می گیرد. و بر اساس مطالعات انجام گرفته توسط واحد مطالعات شرکت سهامی آب منطقه ای آذربایجان غربی خاک کف دریاچه قبل از احداث سد از نوع خاک های شور و قلیایی بوده است و مطالعات انجام شده توسط مهندسان مشاور پویاب در شرایط بعد از احداث نیز موید این مطلب است. مشکل اصلی موجود این است که کیفیت آب ورودی به مخزن سد از رودخانه گذار که از وضعیت مطلوبی برخوردار است بعد از ورود به مخزن در اثر تبخیر آب و انحلال املاح موجود در خاک های کف مخزن (خاک های شور و قلیایی)، کیفیت آب پایین می آید. بر این اساس هدف این طرح نیز بررسی روند تغییرات کیفیت آب در دریاچه و پیش بینی وضعیت کیفی آب آن در حداکثر تراز آبی به منظور استفاده از آن برای مصارف شرب انتخاب شده است.

### مواد و روش کار

الف) انتخاب پارامترهای کیفیت شیمیایی آب مورد لازم جهت تعیین پارامترهای کیفیت شیمیایی آب دریاچه ابتدا منطقه از نظر سوابق قبلی کیفیت آب و خاک، زمین شناسی، ورود زهاب های کشاورزی، آلاینده معدنی و صنعتی به دریاچه که مهم ترین عوامل تاثیر گذار بر کیفیت شیمیایی آب دریاچه می باشند مورد بررسی قرار گرفت. با عنایت به این که مشکل اصلی کیفیت آب سد بالا بودن میزان املاح معدنی یا شوری آن است لذا پارامترهای موثر در شوری آب جهت اندازه گیری انتخاب گردید (۱۲، ۸، ۹، ۱) که در جدول شماره (۱) آورده شده است.

ب) تعیین ایستگاه های نمونه برداری با در نظر گرفتن موارد ذیل ایستگاه های نمونه برداری انتخاب گردید (۳، ۶، ۱۰).

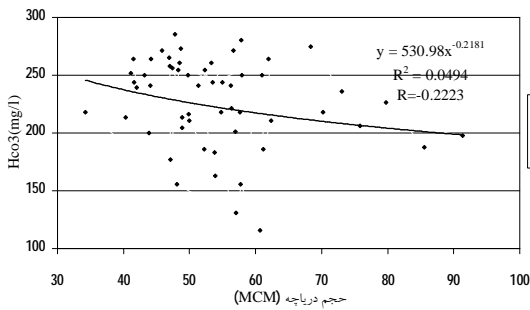
۱. با عنایت به اینکه کیفیت شیمیایی آب ورودی می تواند در کیفیت آب مخزن تاثیر گذار باشد لذا لازم است در ورودی مخزن یک ایستگاه نمونه بردای انتخاب گردد.
۲. برای تعیین مشخصات کیفی آب خروجی از سد لازم است در خروجی سد نیز ایستگاه نمونه بردای داشته باشیم.
۳. با عنایت به سطح بالای دریاچه نسبت به عمق آن لازم است به تعداد ۹ مورد ایستگاه و به طور منظم تمام نقاط دریاچه را

پارامترهای کیفی آب دریاچه و حجم آن استفاده گردید. معادله آماری و میزان ضریب همبستگی هر یک از پارامترها به حجم دریاچه در نمودارهای (۱) تا (۸) نشان داده شده است.

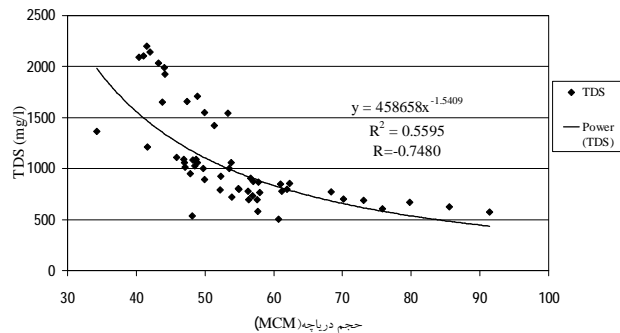
به دست آمد که مقادیر متوسط، ماکزیمم، مینیمم، انحراف معیار و ضریب تغییر هر یک از پارامترها در جدول (۲) آورده شده است. با عنایت به اینکه کیفیت آب دریاچه و حجم آن از زمان احداث سد تعیین شده است لذا برای بالا بردن سطح اطمینان از کل نتایج موجود که به تعداد ۵۶ مورد بود برای تعیین همبستگی بین

جدول (۲): میانگین مشخصات کیفی آب دریاچه سد حسنلو در نیمه اول سال ۱۳۸۵

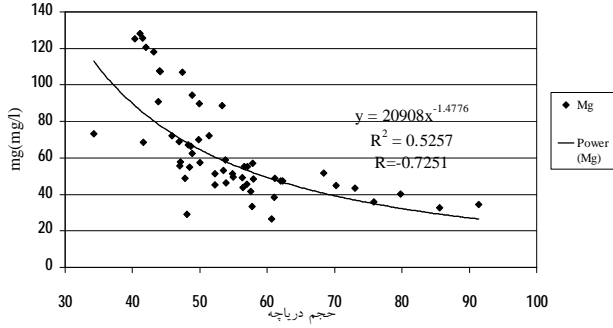
پارامتر	میانگین	انحراف معیار	مینیمم	مکسیمم	تعداد	بیشینه	کمینه	میانگین	انحراف معیار	مینیمم	مکسیمم
TDS	۶۸۹/۸۵	۴۹/۳۹	۶۴۴/۳۴	۵۷۵/۶۶	۶۹۹/۳۰	۶۰۵/۵۰	۶۶۸/۵۰	۶۲۴/۲۰	۵۷۵/۶۶	۶۹۹/۳۰	۶۸۹/۸۵
EC	۱۰۹۵	۸۰/۰۷	۱۰۰۴/۹۲	۹۱۳/۷۵	۱۱۱۰/۰	۹۶۱/۱۱	۹۵۴/۱۱	۹۹۵/۵۶	۹۱۳/۷۵	۱۱۱۰	۱۰۹۵
PH	-	۰/۲۲	۷/۸۵	۷/۴۹	۸/۰۷	۷/۹۶	۷/۴۹	۷/۹۰	۷/۹۸	۸/۰۷	۷/۷۰
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	۲۳۶/۰۷	۱۸/۱۱	۲۱۲/۲۸	۱۸۷/۸۸	۲۳۶/۰۷	۲۰۶/۱۸	۲۲۶/۳۱	۱۸۷/۸۸	۱۹۷/۶۴	۲۱۷/۷۷	۲۳۶/۰۷
CL <sup>-</sup>	۱۸۴/۷۱	۲۱/۷۹	۱۶۴/۳۸	۱۳۳/۱۹	۱۸۷/۸۶	۱۶۶/۸۴	۱۶۸/۵۹	۱۴۴/۰۵	۱۳۳/۱۹	۱۸۷/۸۶	۱۸۴/۷۱
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	۱۱۰/۰۴	۱۷/۱۹	۱۰۱/۲۸	۷۲/۰۰	۱۱۹/۵۲	۹۲/۱۶	۱۱۲/۳۲	۷۲	۱۰۱/۲۸	۱۱۹/۵۲	۱۱۰/۰۴
Ca <sup>2+</sup>	۴۸	۳/۶۶	۴۴/۲۰	۴۰/۲۰	۴۸/۰۰	۴۷/۸	۴۰/۲	۴۰/۶	۴۲/۲	۴۶/۸	۴۸
Mg <sup>2+</sup>	۴۳/۵۵۴	۵/۰۵	۳۸/۶۷	۳۲/۷۰	۴۵/۰۲	۳۵/۷۴۶	۴۰/۱۳۸	۳۲/۶۹۶	۳۴/۵۲۶	۴۵/۰۱۸	۴۳/۵۵۴
Na <sup>+</sup>	۱۳۰/۴۱	۱۶/۴۹	۱۱۳/۸۵	۹۴/۵۳	۱۳۰/۴۱	۱۱۰/۶۳	۱۲۹/۷۲	۹۴/۵۳	۹۴/۵۳	۱۲۲/۵۹	۱۳۰/۴۱
K <sup>+</sup>	۳/۹	۱/۵۹	۴/۶۸	۳/۹۰	۷/۸۰	۷/۸	۳/۹	۳/۹	۳/۹	۳/۹	۳/۹
%Na	۰/۴۸	۰/۰۲	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۵۱	۰/۴۷	۰/۵۱	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۴۸
SAR	-	۰/۳۳	۳/۰۱	۲/۶۲	۳/۴۷	۲/۹۵	۳/۴۷	۲/۶۸	۲/۶۲	۳/۰۷	۳/۲۸
RSC	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Salinity	۰/۷۶	۰/۰۷	۰/۶۸	۰/۵۸	۰/۷۶	۰/۶۷	۰/۷۲	۰/۵۸	۰/۶۱	۰/۷۵	۰/۷۶



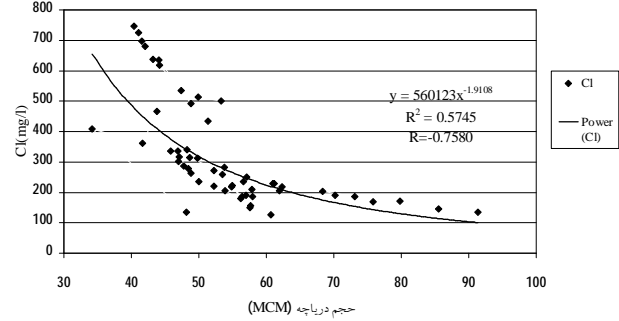
نمودار (۲): همبستگی بی کربنات آب به حجم مخزن



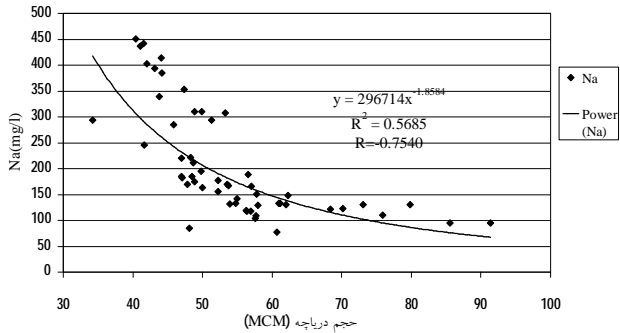
نمودار (۱): همبستگی TDS آب به حجم مخزن



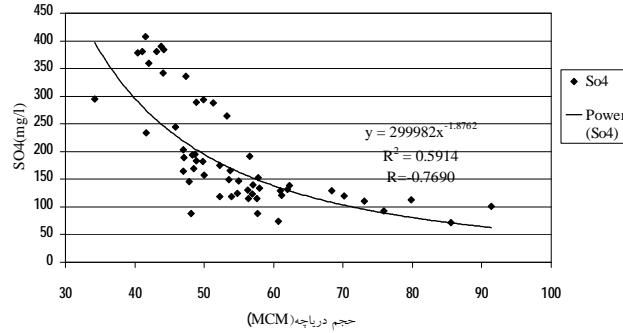
نمودار (۶): همبستگی منبسط آب به حجم مخزن



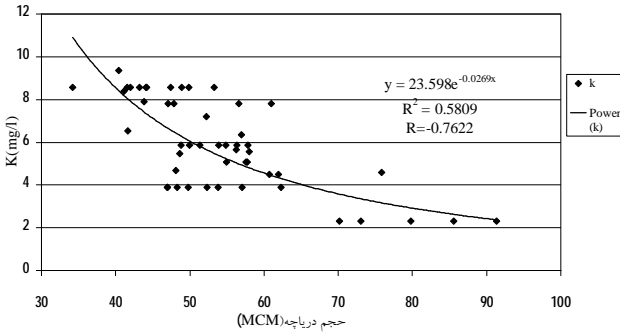
نمودار (۳): همبستگی کلراید آب به حجم مخزن



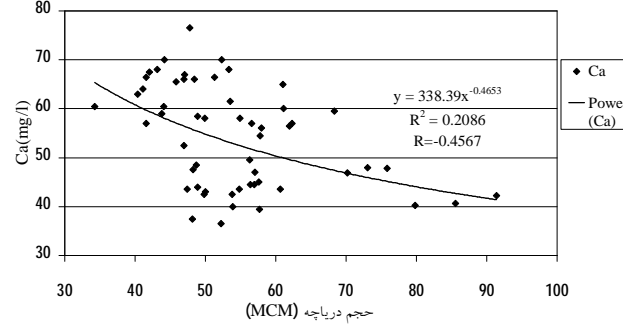
نمودار (۷): همبستگی سدیم آب به حجم مخزن



نمودار (۴): همبستگی سولفات آب به حجم مخزن



نمودار (۸): همبستگی پتاسیم آب به حجم مخزن



نمودار (۵): همبستگی کلسیم آب به حجم مخزن

همبستگی معنی دار ناقص و معکوس با حجم دریاچه سد دارند (۱۱،۸).

جدول (۳): تعیین ضریب همبستگی

df/a	.1	.05	.02	.01	.001
1	.98769	.99692	.999507	.999877	.9999988
2	.9000	.9500	.9800	.9900	.99900
3	.8054	.8783	.9343	.9587	.99116
4	.7293	.8114	.8822	.9172	.97406
5	.6694	.7545	.8329	.8745	.95507
10	.4973	.5760	.6581	.7079	.8233
20	.3598	.4227	.4921	.5368	.6524
30	.2960	.3494	.4093	.4487	.5541
40	.2573	.3044	.3578	.3932	.4896
50	.2306	.2732	.3218	.3541	.4433
60	.2108	.2500	.2948	.3248	.4078
70	.1954	.2319	.2737	.3017	.3799
80	.1829	.2172	.2565	.2830	.3568
90	.1726	.2050	.2422	.2673	.3375
100	.1638	.1946	.2301	.2540	.3211

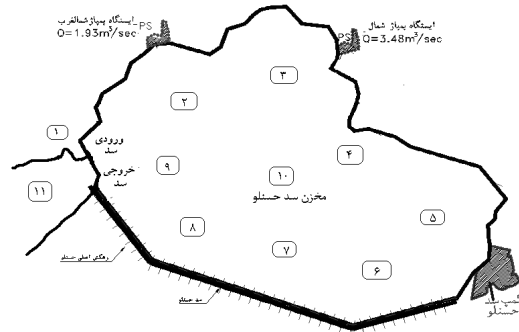
### تحلیل نتایج و نتیجه گیری

تعداد کل داده های به دست آمده برای هر یک از پارامترها ۵۶ مورد بود لذا بر اساس جدول (۳) با درجه آزادی (df=۵۶-۲) برابر ۵۴ و در سطح اطمینان ۹۹ درصد (p=1-α=0.99) مقدار ضریب همبستگی  $r_{v} = 0.3649$  می باشد. با عنایت به جدول (۴) به جز یون بی کربنات به دلیل وابستگی غلظت آن به واکنش های بیولوژیکی و CO<sub>2</sub> هوا، همه پارامترهای کیفی آب شامل 2-Mg، 2-Ca، Na-، K-، Cl-، 2-SO<sub>4</sub> ضریب همبستگی (r) بیشتری نسبت به ضریب همبستگی مورد نیاز (r<sub>v</sub>) دارند بنابراین دارای

### بحث

در این مطالعه مشخص شد که مشخصات کیفی آب دریاچه دارای همبستگی معنی داری با حجم دریاچه می باشد لذا می توان برای پیش بینی مقادیر مشخصات کیفی آب در حداکثر تراز آبی آن از روابط آماری نمودارهای همبستگی بین پارامترهای کیفی آب و حجم دریاچه استفاده کرد. نظر به این که تنها منبع تغذیه دریاچه سد رودخانه گدار می باشد لذا غلظت پارامترهای کیفی آب دریاچه حداکثر می تواند تا غلظت آن در آب رودخانه کاهش یابد (۷) و در صورتی که مقادیر پیش بینی شده برای هر یک از پارامترهای کیفی با استفاده از روابط آماری کمتر مقدار آن در رودخانه باشد مقدار پیش بینی شده قابل قبول نمی باشد. جدول (۵) مقادیر پیش بینی شده هر یک از پارامترهای کیفی آب دریاچه و مقایسه آن را با مشخصات کیفی آب رودخانه نشان می دهد.

برای این که قابلیت مصرف آب دریاچه در حداکثر حجم آن برای مصارف شرب و بهداشت مورد بررسی قرار گیرد از استاندارد کیفیت شیمیایی آب آشامیدنی سازمان جهانی بهداشت (WHO) و موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران استفاده شده است (۱۰،۱). جدول (۵) مقایسه کیفیت پیش بینی شده برای آب دریاچه را با استانداردهای کیفیت شیمیایی آب آشامیدنی نشان می دهد.



شکل (۱): موقعیت ایستگاه های نمونه برداری در دریاچه سد

جدول (۴): تعیین همبستگی بین پارامترهای کیفی و حجم دریاچه (rv=0.3649)

نام پارامتر	ضریب همبستگی (rv)	همبستگی معنی دار	
		دارد	ندارد
کل مواد محلول	۰/۷۴۸۰	*	
PH	۰/۱۶۹۱		*
کلسیم	۰/۴۵۶۷	*	
منیزیم	۰/۷۲۵۱	*	
سدیم	۰/۷۵۴۰	*	
پتاسیم	۰/۷۶۲۲	*	
بیکربنات	۰/۲۲۲۳		*
کلرور	۰/۷۵۸۰	*	
سولفات	۰/۶۴۵۶	*	

جدول (۵): پیش بینی کیفیت آب دریاچه سد در حداکثر تراز آبی و مقایسه آن با استانداردهای

### کیفیت آب آشامیدنی سازمان جهانی بهداشت (WHO)

نام پارامتر	روابط آماری به دست آمده	مقادیر پیش بینی شده	میانگین ۱۵ ساله رودخانه گدار	مقادیر پیش بینی شده اصلاح شده	حداکثر مقدار مطلوب	حداکثر غلظت مجاز	وضعیت نهایی	
							مطلوب	مجاز
TDS	$y = 458658 x^{-1.5409}$	404.58	۳۲۲/۱	404.58	۵۰۰	۱۵۰۰	*	*
T.H	$(Ca+Mg) as(CaCO_3)$	202	263.40	263.40	۱۵۰	۵۰۰	*	*
Ca <sup>2+</sup>	$y = 338.39 x^{-0.483}$	40.46	۶۵	۶۵	۷۵	۲۰۰	*	*
Mg <sup>2+</sup>	$y = 20908 x^{-1.076}$	24.62	۱۹/۱۵	24.62	۵۰	۱۵۰	*	*
Na <sup>+</sup>	$y = 296714 x^{-1.084}$	61.44	۱۱/۵	61.44	200	200	*	*
K <sup>+</sup>	$y = 23.598 e^{-0.0209x}$	1.78	۳/۹	۳/۹	12	12	*	*
CL <sup>-</sup>	$y = 560123 x^{-0.9108}$	91.3۲	۱۵/۲۶	91.3۲	۲۰۰	۶۰۰	*	*
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$y = 299982 x^{-1.882}$	57.27	۸۳/۵۲	۸۳/۵۲	۲۰۰	۴۰۰	*	*

## نتیجه گیری

این مطالعه نشان می دهد که در حداکثر حجم دریاچه کیفیت آب برای مصارف شرب و بهداشت قابل استفاده خواهد شد به طوری که به جز سختی آب (که اساس تعیین استاندارد آن از جنبه

بهداشتی نبوده و مقدار پیش بینی شده آن در محدوده مجاز برای شرب خواهد شد) همه پارامترهای کیفیت شیمیایی آب در محدوده مطلوب برای شرب و بهداشت خواهد شد.

## References:

1. Chen Z, Huang GH, Li JB. Standard Methods for the examination of water and waste water, 17<sup>th</sup> Edit, Washington DC; Am Pub Health Assoc; 1989.
2. Chapman D. Water quality assessment: a guid to the use of biota, Sediments and water in environmental monitoring. 2<sup>nd</sup> Ed. E & FN Spon; 1988.
3. Krenkel PA, Novotny V. Water quality management. New York: Academic Press; 1980.
4. Tchobanoglous, G. Schroeder ED. Waterquality: characteristics, modeling, and modification. Boston: Addison wisely Co; 1985.
5. Corbitt RA. Standard handbook of environmental engineering. New York: Mac Graw Hill Inc; 1990.
6. Sanders TG, Ward RC, Loftis JC, Steele TD, Adrian DD, Yevjevich V. Design of networks for Monitoring water quality, water resources publications 1987.
7. Neil.S.Grigg, water resource management, McGraw-Hill pub1996.
8. علیزاده م. روش های آزمایشگاهی اندازه گیری آلودگی. انتشارات موج سبز، ۱۳۸۲.
9. ترابیان ع، هاشمی س ح. مدل سازی کیفی آب های سطحی. انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۱.
10. کراچیان م ر. برنامه ریزی و مدیریت کیفی سیستم های منابع آب. مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۸۲.
11. منصور فر ک. روش های آماری. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۱۳۸۴.
12. تقوایی پور ا. آنالیز آب. انتشارات دانشگاه اراک، ۱۳۸۰.
13. سلمانیان ر. کیفیت آب و خاک شورگل حسنلو. امور مطالعات منابع آب سازمان آب منطقه ای آذربایجان غربی، (گزارش) ۱۳۷۳.