تهیه مدل هیدروشیمیایی معکوس از رفتار متقابل رودخانه زهره و تشکیلات زمین‌شناسی و تأثیر آن بر کیفیت رودخانه

شهرام کرمی
کارشناس ارشد آلودگیهای محیط زیست،مدیریت فنی و مهندسی سازمان آب و برق خوزستان
مهران افخمی، محمد جهانشاهی

چکیده:

رودخانه زهره به عنوان مهمترین منابع آبی در منطقه و یکی از پنج رودخانه مهم جاری در استان خوزستان بوده و مساحت حوضه‌آبریز آن در حدود ۱۷۱۵۰ کیلومتر مربع است. این رودخانه در طی مسیر نسبتاً طولانی خود از روی تشکیلات متنوع زمین‌شناسی عبور می‌نماید، که این امر باعث تغییر کیفیت رودخانه می‌گردد. در تحقیق حاضر بمنظور بررسی نقش و میزان هر یک از کانی‌ها موجود در تشکیلات زمین‌شناسی بر کیفیت آب رودخانه زهره، ابتدا محدوده مطالعاتی با تأکید بر حضور رودخانه بر تشکیلات زمین‌شناسی و همینطور حذف عوامل مخدوش کننده به سه بازه مطالعاتی در حدفاصل ایستگاههای توکل‌آباد- کوسنگان، خان‌احمد- چم‌شیر و گچساران- چم‌بستان تفکیک نموده و سپس فرایندهای شیمیایی ناشی از رفتار متقابل رودخانه و تشکیلات زمین‌شناسی بر پایه داده‌های هیدروشیمیایی شش ایستگاه در دو دوره کم‌آبی (شهریور۸۵ تا آبان ۸۵) و پرآبی (اسفند ۸۵ تا اردیبهشت ۸۶) شبیه‌سازی گردیدند. شبیه‌سازی روابط حاکم بر رودخانه و تشکیلات زمین‌شناسی با تهیه مدل هیدروشیمیایی معکوس (Inverse Modeling Hydrochemical) و با استفاده از کد کامپیوتری PHREEQC مقدور گردید. پارامترهایی که در این تحقیق به عنوان داده‌های ورودی به نرم افزارها مورد استفاده قرار گرفتند، عبارت از دما، TDS، EC، قلیائیت، pH و غلظت کاتیون‌ها (Na^+، Mg^{++}، K^+، Ca^{++}) و آنیون‌ها (Cl^-، CO_3^{--}، SO_4^{--}، HCO_3^-) و اطلاعات زمین‌شناسی منطقه می‌باشند. در پایان با تعیین اندیس اشباع (SI) وضعیت انحلال یا رسوب کلیه کانیها در هریک از بازه‌های منتخب مشخص و سپس نقش و میزان هر یک از کانی‌های ترسیب شده یا انحلال یافته بر حسب (mg/lit) محاسبه و بصورت جدول و نقشه ارائه گردید. بر این اساس در آلودگی طبیعی رودخانه زهره کانی‌های ژیپس، دولومیت، هالیت و انیدریت و تشکیلات گچساران و آغاجاری با میزانهای مشخص نقش دارند.

واژگان کلیدی: رودخانه زهره، تشکیلات زمین‌شناسی، PHREEQC، مدل هیدروشیمیایی-معکوس، اندیس اشباع

مقدمه:

آن دسته از آلودگی رودخانه‌ها که انسان‌ساخت نبوده و انسان هیچ نقشی در تولید و یا ایجاد آن ندارد، مثل آلودگی ناشی از تشکیلات زمین‌شناسی، را می‌توان تحت عنوان آلودگی طبیعی برشمرد چرا که هیچ آبی در طبیعت حتی در مناطق دست نخورده وجود ندارد که تا حدی آلودگی نداشته باشد. منابع آلودگیهای طبیعی در رودخانه‌ها را می‌توان به چهار دسته تقسیم کرد که عبارتند از: سیلاب‌ها، تراوش آبهای زیرزمینی، تراوش از باتلاقها، زندگی موجودات آبزی و تشکیلات زمین‌شناسی. در طی تحقیقاتی که بر روی ترکیب آب رودخانه‌های مهم دنیا به منظور شناسائی عوامل کنترل کننده آب آنها صورت گرفت به این نتیجه رسیدند که شیمی آبهای سطحی و ترکیب آب رودخانه‌ها متأثر از سه واکنش درونی در آب می‌باشد که در این واکنش‌ها، ممکن است تأثیر یکی بیشتر باشد. بطوریکه یا ترکیب آب بارندگی غالب است(Rain dominated) یا ترکیب سنگ‌روند واکنش را تحت کنترل دارد(Rock dominated) و یا در نهایت فرایند تبخیر- ته‌نشینی کیفیت شیمیائی آب را مشخص می‌نمایند. از طرفی اگر کیفیت شیمیائی آب رودخانه تحت تأثیر واکنش‌های آب- سنگ باشد، می‌توان با انجام مدل‌سازی به نوع فرآیندهای شیمیائی صورت گرفته در طول مسیر و همینطور میزان کانی‌های انحلال یافته یا ته‌نشین شده پی‌برد[۳]. بدین منظور در این تحقیق جهت شبیه‌سازی واکنش‌های شیمیائی آب از کد کامپیوتری Phreeqc استفاده شده است[۴].

مواد و روشها:

در تعیین محدوده مطالعاتی این تحقیق سه موضوع نقش محوری دارند. اول اینکه محدوده مطالعاتی بایستی بگونه‌ای انتخاب گردد که در این محدوده شاهد حضور رودخانه بر روی تشکیلات زمین‌شناسی باشیم. دومین موضوعی که در تعیین محدوده مطالعاتی بایستی مدنظر قرار بگیرد حذف عوامل مخدوش کننده است. منظور از عوامل مخدوش کننده، آلودگی‌های طبیعی و یا غیرطبیعی (انسان‌ساخت) می‌باشند که عمدتاً توسط شاخه‌های فرعی وارد شاخه اصلی رودخانه زهره می‌گردند و بدلایل مختلف امکان ردگیری، تفکیک و یا تعیین منشأ آنها وجود ندارد. لذا بازه مطالعاتی بگونه‌ای انتخاب می‌گردد که امکان تفکیک آلودگی طبیعی و عامل مخدوش کننده میسر باشد. سومین موضوعی که در انتخاب بازه مطالعاتی از رودخانه زهره نقش محوری دارد، موقعیت و کیفیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری به لحاظ اطلاعات کمی و کیفی مورد نیاز مطالعات می‌باشد. بر این اساس محدوده مطالعاتی به سه بازه بصورت ذیل تقسیم می‌شود:

۱- بازه یک: بازه توکل‌آباد- کوسنگان

۲- بازه دو: بازه خان‌احمد- چم‌شیر

۳- بازه سه: بازه گچساران- چم‌بستان

پارامترهایی که در این تحقیق به عنوان داده‌های ورودی به نرم افزارها مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارتند از: دما، TDS، EC، قلیائیت، pH و غلظت کاتیون‌ها (Na^{+}، Mg^{++}، K^{+}، Ca^{++}) و آنیون‌ها (Cl^{-}، CO_3^{--}، SO_4^{--}، HCO_3^{-}) که در دو دوره سه ماهه کم‌آبی (شهریور۸۵ تا آبان ۸۵) و پرآبی (اسفند ۸۵ تا اردیبهشت ۸۶) برداشت شده است(سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۸۵). لازم به تذکر است که در این تحقیق از اطلاعات ایستگاه هیدرومتری گچساران نیز استفاده شده است. جهت بررسی کیفیت هیدروژئوشیمیایی رودخانه زهره از روش مدل‌سازی معکوس (Inverse) استفاده شده است. تهیه مدل هیدروشیمیایی معکوس با استفاده از نرم‌افزار PHREEQC انجام گرفته است. هدف از این مدل‌سازی یافتن دسته‌ای از انتقال‌های مولی کانی‌ها می‌باشد که در هنگام تکامل شیمیایی آب صورت

می‌پذیرد[۲]. با توجه به آنچه که پیش از این گفته شد، در حوضه‌آبریز رودخانه زهره، امکان شبیه‌سازی فرآیندهای شیمیایی حاکم بر رودخانه زهره در حدفاصل ایستگاه‌های توکل‌آباد و چم‌بستان در سه بازه مورد اشاره وجود دارد.

بحث:

نتایج اندیس اشباع حاصل از اجرای نرم افزار PHREEQC در جداول (۱) و (۲) ارائه شده است، در این جداول وضعیت انحلال و رسوب کانی‌ها بصورت نقطه‌ای در ایستگاه‌های منتخب ارائه شده است. در ادامه و با تهیه مدل ژئوشیمیایی معکوس، اطلاعات خروجی در (جدول ۳) الی (۵جدول) خلاصه می‌گردند.

جدول(۱): اندیس اشباع فاز کانیایی نمونه‌های آب رودخانه زهره در ایستگاه‌های منتخب- دوره کم‌آبی

ردیف	نام ایستگاه- رودخانه	**Anhydrite** CaSO4	**Calcite** CaCO3	**Dolomite** CaMg(CO3)2	**Gypsum** CaSO4:2H2O	**Halite** NaCl
۱	توکل‌آباد- شور	-1.13	0.94	1.80	-0.88	-5.32
۲	کوسنگان- شور	-1.83	0.53	-3.07	-1.58	-5.42
۳	خان‌احمد- زهره	-1.63	0.88	1.55	-1.38	-6.13
۴	چم‌شیر- زهره	-1.44	0.53	0.90	-1.19	-5.39
۵	گچساران- زهره	-2.19	0.61	1.31	-1.95	-5.00
۶	چم‌بستان- زهره	-1.41	0.64	0.98	-1.17	-5.04

جدول(۲): اندیس اشباع فاز کانیایی نمونه‌های آب رودخانه زهره در ایستگاه‌های منتخب- دوره پرآبی

ردیف	نام ایستگاه- رودخانه	**Anhydrite** CaSO4	**Calcite** CaCO3	**Dolomite** CaMg(CO3)2	**Gypsum** CaSO4:2H2O	**Halite** NaCl
۱	توکل‌آباد- شور	-0.93	0.46	0.36	-0.68	-6.01
۲	کوسنگان- شور	-2.13	0.05	0.13	-1.89	-6.51
۳	خان‌احمد- زهره	-2.13	0.44	0.69	-1.89	-7.16
۴	چم‌شیر- زهره	-1.24	0.54	0.53	-0.99	-6.13
۵	گچساران- زهره	-1.26	0.60	0.98	-1.02	-5.52
۶	چم‌بستان- زهره	-1.22	0.33	0.20	-0.98	-6.20

بر اساس این روند انحلال و رسوب کانی‌ها در دوره کم‌آبی و پرآبی مشابه می‌باشد. بدین ترتیب که کانی کلسیت در کل بازه مطالعاتی رسوب و کانی هالیت انحلال می‌نماید. کانی انیدریت در بازه (۱) و (۳) رسوب و در بازه (۲) انحلال، کانی دولومیت در بازه (۱) و (۳) انحلال یافته و در بازه (۲) هیچ واکنشی با رودخانه ندارد. کانی ژیپس بر عکس کانی انیدریت عمل نموده و در بازه (۱) و (۳) انحلال و در بازه (۲) رسوب می‌نماید(جدول۴).

جدول (۳): وضعیت انحلال یا رسوب کانی‌ها در بازه‌های منتخب رودخانه زهره در دو دوره کم‌آبی پرآبی

بازه منتخب	رسوب یا انحلال کانی‌ها				
	Anhydrite CaSO4	Calcite CaCO3	Dolomite CaMg(CO3)2	Gypsum CaSO4:2H2O	Halite NaCl
۱	رسوب	رسوب	انحلال	انحلال	انحلال
۲	انحلال	رسوب	-	رسوب	انحلال
۳	رسوب	رسوب	انحلال	انحلال	انحلال

میزان انحلال و رسوب کانی‌ها که پس از تهیه مدل هیدروژئوشیمیایی معکوس با استفاده از نرم افزار PHREEQC قابل دستیابی است، پس از تبدیل واحد در جداول(۵) و (۶) خلاصه شده است.

جدول(۴): میزان رسوب و انحلال کانی‌ها در بازه‌های منتخب- دوره کم‌آبی

بازه منتخب	حد عدم قطعیت محلول اولیه	حد عدم قطعیت محلول نهایی	میزان رسوب و انحلال کانی‌ها (mg/lit)				
			Anhydrite CaSO4	**Calcite** CaCO3	**Dolomite** CaMg(CO3)	**Gypsum** CaSO4:2H2	**Halite** NaCl
۱	۱	۱/۵	۳۷۱۰	۰/۱۵	۱/۸۲	۴۰۲۰	۰/۵۲
۲	۱/۶	۰/۸	۹۸۶	۰/۰۵۲	-	۱۲۵۱	۰/۶۳
۳	۰/۲	۰/۳	۳۶۵۰	۰/۲۱	۲/۲۱	۴۶۰۲	۱/۹۲

***از رنگ سبز جهت نمایش رسوب کانی در بازه مورد نظر استفاده شده است.**

***از رنگ قرمز جهت نمایش انحلال کانی در بازه مورد نظر استفاده شده است.**

جدول(۵): میزان رسوب و انحلال کانی‌ها در بازه‌های منتخب- دوره پرآبی

بازه منتخب	حد عدم قطعیت محلول اولیه	حد عدم قطعیت محلول نهایی	میزان رسوب و انحلال کانی‌ها (mg/lit)				
			Anhydrite CaSO4	**Calcite** CaCO3	**Dolomite** CaMg(CO3)2	**Gypsum** CaSO4:2H2	**Halite** NaCl
۱	۱	۱/۵	۳۷۰۰	۰/۱۲	۱/۵۲	۴۰۲۶	۰/۴۹
۲	۱/۶	۰/۸	۹۲۴	۰/۰۴۵	-	۱۲۶۱	۰/۵۸
۳	۰/۲	۰/۳	۳۶۳۰	۰/۱۲۱	۲/۶۱	۴۶۱۴	۰/۸۲

***از رنگ سبز جهت نمایش رسوب کانی در بازه مورد نظر استفاده شده است.**

***از رنگ قرمز جهت نمایش انحلال کانی در بازه مورد نظر استفاده شده است.**

نتیجه‌گیری:

بر اساس این جداول وضعیت کانی‌های انحلال یافته یا ترسیب شده بشرح ذیل می‌باشد:

۱- انیدریت:

در دوره کم‌آبی و پرآبی، کانی انیدریت در دو بازه (۱) و (۳) در حال رسوب و خروج از آب رودخانه بوده، ولی در بازه (۲) در حال انحلال و ورود به آب رودخانه می‌باشد. در زمان کم آبی، میزان رسوب این کانی در بازه (۱) برابر با ۳۷۱۰ میلی‌گرم بر لیتر و در بازه (۳) برابر با۳۶۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بوده، و میزان انحلال آن در بازه(۲) برابر با ۹۸۶ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. در دوره پرآبی، میزان رسوب این کانی در بازه (۱) برابر با ۳۷۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و در بازه (۳) برابر با ۳۶۳۰ میلی‌گرم بر لیتر بوده، و میزان انحلال آن در بازه(۲) برابر با ۹۲۴ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

۲- کلسیت:

در دوره کم‌آبی و پرآبی، کانی کلسیت در تمامی بازه‌های منتخب در حال رسوب بوده است. در دوره کم‌آبی میزان این رسوب در بازه (۱) برابر با ۰/۱۵ میلی‌گرم بر لیتر و در بازه (۲) معادل ۰/۰۵۲ میلی‌گرم بر لیتر و در بازه (۳) برابر با ۰/۲۱ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. در دوره پرآبی میزان رسوب این کانی در بازه (۱) برابر با ۰/۱۲ میلی‌گرم بر لیتر و در بازه (۲) معادل ۰/۰۴۵ میلی‌گرم بر لیتر و در بازه (۳) برابر با۰/۱۲۱ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

۳- دولومیت:

کانی دولومیت در دوره کم‌آبی و پرآبی، در بازه (۲) هیچگونه واکنشی با رودخانه زهره ندارد. اما در دو بازه دیگر این کانی در حال انحلال و ورود به آب رودخانه می‌باشد. میزان انحلال این کانی در دوره کم‌آبی در بازه (۱) برابر با ۱/۸۲ میلی‌گرم بر لیتر و در بازه (۳) برابر با ۲/۲۱ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. در دوره پرآبی، میزان انحلال این کانی در بازه (۱) برابر با ۱/۵۲ میلی‌گرم بر لیتر و در بازه (۳) برابر با ۲/۶۱ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

۴- ژیپس:

در دوره کم‌آبی و پرآبی، کانی ژیپس در دو بازه (۱) و (۳) در حال انحلال و ورود به آب رودخانه بوده، ولی در بازه (۲) در حال رسوب و خروج از آب رودخانه می‌باشد. در دوره کم‌آبی، میزان انحلال این کانی در بازه (۱) برابر با ۴۰۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و در بازه (۳) برابر با۴۶۰۲ میلی‌گرم بر لیتر بوده، و میزان رسوب آن در بازه (۲) برابر با ۱۲۵۱ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. در دوره پرآبی، میزان انحلال این کانی در بازه (۱) برابر با ۴۰۲۶ میلی‌گرم بر لیتر و در بازه (۳) برابر با ۴۶۱۴ میلی‌گرم بر لیتر بوده، و میزان رسوب آن در بازه (۲) برابر با ۱۲۶۱ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

۵- هالیت:

در دوره کم‌آبی و پرآبی، کانی هالیت در تمامی بازه‌های منتخب در حال انحلال و ورود به آب رودخانه بوده است. در زمان کم‌آبی میزان این انحلال در بازه (۱) برابر با ۰/۵۲ میلی‌گرم بر لیتر و در بازه (۲) معادل ۰/۶۳ میلی‌گرم بر لیتر و در بازه (۳) برابر با ۱/۹۲ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. در زمان پرآبی میزان انحلال این کانی در بازه (۱) برابر با ۰/۴۹۱ میلی-گرم بر لیتر و در بازه (۲) معادل ۰/۵۸ میلی‌گرم بر لیتر و در بازه (۳) برابر با ۰/۸۲ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

جمع‌بندی:

۱- روند انحلال و یا رسوب کانی‌ها در تمامی بازه‌ها در دوره‌های کم‌آبی و پرآبی مشابه می‌باشد.
۲- کانی هالیت در تمامی بازه‌ها و در هر دو دوره کم‌آبی و پرآبی همواره در حال انحلال و ورود به رودخانه زهره می‌باشد.
۳- کانی کلسیت در تمامی بازه‌ها و در هر دو دوره کم‌آبی و پرآبی همواره در حال رسوب و خروج از رودخانه زهره می-باشد.
۴- در بازه (۲) بین رودخانه و کانی دولومیت در دوره کم‌آبی و پرآبی هیچگونه واکنشی صورت نمی‌گیرد.
۵- کانی انیدریت در بازه (۱) و (۲) در هر دو دوره کم‌آبی و پرآبی در آلودگی رودخانه زهره نقشی ندارد.
۶- کانی کلسیت در کلیه بازه‌ها و در هر دو دوره کم‌آبی و پرآبی نقشی در آلودگی رودخانه زهره ندارد.

منابع و مراجع:

۱- سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۸۵، گزارش کیفیت رودخانه زهره.
۲- محمودلو، م، صفار زاده، ع، ۱۳۸۷، تعیین عوامل کنترل کننده کیفی آب رودخانه شاوور با استفاده از داده‌های هیدروشیمیائی، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.

3-*Van Rossum, P., W. Huybrechts, P. De Becker, O. Batelaan, T. Asefa, and F. De Smedt, 2000.Hydrogeochemistry of three Wetland Ecosystems in River Valleys in Flanders, Belgium, in: Monitoring andModeling Catchments Water Quantity and Quality, Ghent, Belgium, 27-29: 65-69.*
4- *Parkhurst, D.L. & C.A.J. Appelo, 1999. PHREEQC 2.0, a computer program for speciation, reaction-path,1Dtransport, and inverse geochemical calculations, U.S. Geological Survey, Water Resources Investigations,Lakewood, Colorado, USA. Report 99-4259.*