

اثرات کیفیت آب‌های سطحی بر کیفیت آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت تبریز)

مصطفی صادق زاده سادات^{۱*}، امیر حسین ناظمی^۲، علی اشرف صدرالدینی^۲

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۹/۳۰

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۲۵

^۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

^۲- استاد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: sadeqzadeh.m@gmail.com

چکیده

مطالعه حاضر بر روی رودخانه آجی‌چای واقع در دشت تبریز و در شرق دریاچه ارومیه، به منظور شناسایی عوامل مؤثر بر آلودگی رودخانه و آبخوان دشت تبریز و مدیریت و کنترل بهتر کیفیت منابع آب، با بهره‌گیری از تحلیل مؤلفه‌های اصلی، روش‌های هوش مصنوعی (شبکه عصبی مصنوعی و درخت تصمیم M5) و زمین آمار (کریجینگ و کوکریجینگ)، از طریق تحلیل داده‌های کیفیت آب (کاتیون‌ها، آنیون‌ها) در طی دوره آماری ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۲ صورت گرفت. تحلیل‌های چند متغیره آماری قادر هستند حجم گسترده‌ای از داده‌ها را پردازش نمایند و به‌عنوان راهکاری کمی در مدیریت کیفیت آب رودخانه‌های استان آذربایجان شرقی مطرح گردند. تعیین مهم‌ترین پارامترهای تاثیرگذار در کیفیت آب منجر به کاهش هزینه‌ها و هدفدار نمودن پایش، کنترل و حفاظت کیفیت آب می‌شود. نتایج تحقیق حاکی از آن است که روش درخت تصمیم‌گیری (M5) روابط ساده خطی، قابل فهم‌تر و کاربردی‌تری برای پیش‌بینی کلر و شوری ارائه می‌کند و نوع تصمیمات گرفته‌شده براساس طبقه‌بندی در الگوریتم‌های درخت تصمیم، مشخص، شفاف و قابل استخراج است. همچنین نتایج حاصل از کاربرد روش‌های زمین آمار نشان داد که وضعیت آبخوان دشت تبریز از لحاظ کیفی نسبت به سال‌های قبل در وضعیت نامطلوب قرار گرفته و در بخش غربی دشت به دلیل برداشت زیاد توسط چاه‌ها میزان شوری آب از بیشینه ۹۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۸۰ به بالای ۱۱۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۹۰ در مقطع خروجی رسیده است.

واژه‌های کلیدی: درخت تصمیم، زمین آمار، کیفیت آب زیرزمینی، کیفیت آب سطحی، هوش مصنوعی

Impacts of Surface Water Quality on Groundwater Quality (Case study: Tabriz plain)

M Sadeghzadeh Sadat^{1*}, AH Nazemi², AA Sadraddini²

Received: 21 December 2015 Accepted: 13 February 2017

¹- MSc Graduate of Irrigation and Drainage Engin., Dept. of Water Engin., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Tabriz, Iran

²- Prof., Dept. of Water Engin., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Tabriz, Iran

*Corresponding Author, Email: sadeqzadeh.m@gmail.com

Abstract

In order to determine effective parameters on Aji Chay river pollution and the aquifer of Tabriz plain located in eastern part of Urmia Lake and better management and controlling of water resource quality, principal component analysis, artificial intelligence techniques (neural networks and decision tree M5) and geostatistics (Kriging and Cokriging) through water quality data analysis (Cations, Anions) in the period of 2001 to 2013 have been used. Statistical multivariate analysis has an ability to process a big range of data, and is known as a quantitative method in order to manage water quality of the East Azarbaijan province's rivers. Determination of the water quality parameters would result in costs reduction and aiming the monitoring, controlling, and protection of water quality. The results show that M5 method presents simple linear relations in predicting chloride and salinity, also the decisions for categorizing decision tree algorithms are clear and extractable. Also the results of geostatistics showed that Tabriz plain's aquifer is in a bad condition from qualitative viewpoint compared to the last years, and in western part of the plain due to extreme well extraction, salinity in outlet from 9000 in 2001 to over 11000 ($\mu\text{mhos cm}^{-1}$) in 2012 has been increased.

Keywords: Artificial intelligence, Decision tree, Geostatistics, Groundwater quality, Surface water quality,

مقدمه

اطلاع از وضعیت کیفی آب‌های سطحی و زیرزمینی این امکان را فراهم می‌سازد تا ضمن استفاده از آن در موارد مختلف شیوه‌هایی اتخاذ شود تا کمترین آسیب به این منابع وارد شود. به‌عنوان مثال آبخوان‌های آلوده شده که به رودخانه‌ها تخلیه می‌شوند می‌توانند در دراز مدت باعث آلودگی آب‌های سطحی شده و برعکس، رودخانه‌ها می‌توانند منبع عمده آلودگی آبخوان‌ها باشند. آب‌های سطحی معمولاً به‌صورت هیدرولیکی به آب‌های زیرزمینی متصل‌اند اما فعل و انفعالات برای مشاهده و اندازه‌گیری آن‌ها دشوار هستند و معمولاً در ملاحظات و سیاست‌های مدیریت آب نادیده گرفته شده است. این در حالی است که بسیاری از فرآیندهای طبیعی و فعالیت‌های بشری تحت

با توجه به مشکلات کمی و کیفی منابع آب کشور و واقع شدن کشور ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک و رویارویی با بحران‌های کمی آبی، تدوین برنامه‌های کیفی برای کلیه منابع آبی، راهکارهای ضروری و غیرقابل اجتناب در جهت حفاظت و بهره‌برداری پایدار از منابع آبی است. حفاظت کیفی آب رودخانه‌ها و آبخوان‌ها نیاز به سرمایه‌گذاری‌های اضافی برای تصفیه پساب‌ها، یا سیستم‌های جمع‌آوری و کنترل زه‌آب‌ها داشته و از طرفی ممکن است منجر به محدود کردن توسعه فعالیت‌ها در حوضه آن‌ها گردد و در نتیجه اثرات اقتصادی قابل توجهی داشته باشد. از این رو بررسی اثرات کیفیت آب‌های سطحی بر کیفیت آب‌های زیرزمینی بایستی مورد توجه قرار گیرد.

تحلیل هیدروشیمی داده‌های کیفیت آب (کاتیون‌ها، آنیون‌ها) در طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰، با بهره‌گیری از روش‌های هوش مصنوعی و علم زمین آمار صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی دشت تبریز با مساحت سه هزار هکتاری و در مختصات $۱۵^{\circ} ۴۶' - ۳۰^{\circ} ۴۵'$ طول شرقی و $۱۷^{\circ} ۳۸' - ۵۶^{\circ} ۳۷'$ عرض شمالی در شرق دریاچه ارومیه واقع می‌باشد. محدوده رودخانه آجی‌چای واقع در این دشت دارای چهار ایستگاه هیدرومتری و بیش از چهل حلقه چاه پیزومتری می‌باشد (شکل ۱). حد غربی دشت تبریز به باتلاق‌های نمکی حاشیه دریاچه ارومیه، حد شمالی آن به کوه‌های میشو، حد جنوبی آن به توده کوهستانی سهند و حد شرقی آن به شهر تبریز محدود می‌شود. رود اصلی دشت، آجی‌چای می‌باشد که به‌طرف دریاچه ارومیه جریان دارد. سایر رودخانه‌های دشت را سعیدآبادچای، مهران‌رود، گماناب‌چای و غیره تشکیل می‌دهند. در دشت تبریز دو نوع آبخوان آزاد و تحت فشار می‌توان شناسایی کرد. در شرق، شمال‌شرق و جنوب-شرق دشت، آبخوان‌های آزاد گسترش یافته است و در قسمت‌های غربی دشت وجود دو نوع آبخوان آزاد و تحت فشار بدیهی به‌نظر می‌رسد (اصغری مقدم ۱۹۹۱).

مشخصات لایه آبدار

آبخوان آزاد موجود در داخل توف‌های پلیوپلیوستسن (سنگ جوش) که دارای آب‌های با کیفیت بالا می‌باشد در دامنه شمالی سهند تشکیل شده است و از نظر منابع آبی بسیار توسعه یافته است. آبخوان‌های آزاد تشکیل شده در آبرفت‌ها (مخروط افکنه‌ها) با وجود وسعت کمی که دارند کیفیت آب آن‌ها نیز خوب است. آبخوان تحت فشار بخش مرکزی و غربی دشت، آب‌هایی با کیفیت نسبتاً مناسبی دارند (ندیری ۱۳۸۶).

تأثیر اثرات متقابل آب زیرزمینی و آب سطحی هستند (وینتر و همکاران ۱۹۹۸).

در گذشته مدیریت منابع آب بر آب‌های سطحی یا آب‌های زیرزمینی متمرکز می‌شد زیرا آن‌ها را جدا از هم در نظر می‌گرفتند. با افزایش توسعه منابع آب و کاربری‌های مختلف مشخص شد که توسعه هر کدام از منابع آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی بر کمیت و کیفیت دیگری تأثیرگذار است. منابع آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی، سیستم‌های پیوسته‌ای هستند که به‌طور دائم با هم در فعل و انفعال می‌باشند، آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی منابعی مجزا و منفک از هم نیستند بلکه از منظرهای مختلفی همچون فیزیوگرافیک و آب و هوایی با هم در ارتباط و تبادل هستند (سوفولکوس ۲۰۰۲). از جمله تحقیقاتی که در زمینه کیفیت آب انجام گرفته می‌توان به مطالعات وگا و همکاران (۱۹۹۸) در ارزیابی تغییرات فصلی و اثرات آلوده کننده کیفیت آب رودخانه پیزورگا اسپانیا با استفاده از تحلیل‌های آماری، مطالعات بو و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب رودخانه جینشوی چین، با استفاده از تکنیک‌های آماری و تشخیص فاکتورهای اصلی آلودگی و منابع آن‌ها، مطالعات باردواج و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی کیفیت آب رودخانه کتی گانداک هند با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی، مطالعات آیتک و کیشی (۲۰۱۱) در بکارگیری برنامه‌ریزی ژنتیک خطی، برنامه‌ریزی ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی برای برآورد میزان بار معلق روزانه در رودخانه تونگوا در ایالت مونتانا آمریکا، مطالعات کراوچنکو و همکاران (۱۹۹۹) در به‌کارگیری چندین روش میان‌یابی برای تهیه نقشه‌های هم‌ارزش مقدار پتاسیم و فسفر خاک، مطالعات ریزو و موسر (۲۰۰۰) در بکارگیری زمین آمار برای تجزیه تحلیل کیفیت آب‌های زیرزمینی و مطالعات قهرمان و همکاران (۱۳۸۲) تحت عنوان کاربرد زمین آمار در ارزیابی شبکه‌های پایش کیفی آب زیرزمینی اشاره کرد.

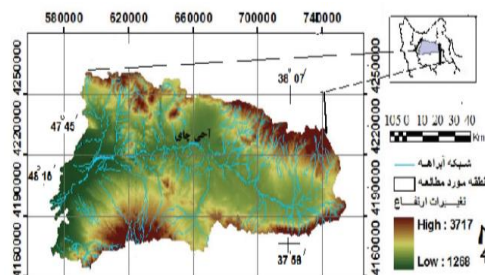
مطالعه حاضر بر روی رودخانه آجی‌چای واقع در دشت تبریز و در شرق دریاچه ارومیه، به‌منظور شناسایی عوامل مؤثر بر آلودگی رودخانه و آبخوان و همچنین مدیریت و کنترل بهتر کیفیت منابع آب از طریق

$$KMO = \frac{\sum \sum r_{ij}^2}{\sum \sum r_{ij}^2 + \sum \sum a_{ij}^2} \quad [1]$$

که در آن r_{ij} : ضریب همبستگی ساده بین متغیرهای i و j و a_{ij} : ضریب همبستگی جزیی بین آنها است. اگر مجموع ضرایب همبستگی جزیی بین همه زوج متغیرها در مقایسه با مجموع مجذورات ضرایب همبستگی کوچک باشد، اندازه KMO نزدیک به یک خواهد بود. مقادیر کوچک KMO بیانگر آن است که همبستگی بین زوج متغیرها نمی‌تواند توسط متغیرهای دیگر تبیین شود، بنابراین کاربرد تحلیل عاملی متغیرها ممکن است قابل توجیه نباشد (جدول ۱). در مرحله بعد به منظور بهبود روابط بین متغیرها و عامل‌های اولیه و اعمال تبدیلات خاص بر روی عامل‌ها، عمل دوران با واریمکس انجام شد. برای دستیابی به یک ساختار ساده، اگر راه حل متعامد انتخاب شود، روش واریمکس بهترین روش است. سپس با انتخاب عوامل اصلی به دست آمده از تحلیل عاملی، به شبیه‌سازی و مدل‌سازی پارامترهای کیفی آب با روش‌های هوش مصنوعی (شبکه عصبی و درخت تصمیم M5) پرداخته شد. برای مدل‌سازی شبکه عصبی از نرم‌افزار متلب و جهت مدل‌سازی مدل درختی M5 (کوئینلن ۱۹۸۶) از نرم‌افزار WEKA که در دانشگاه وایکاتو توسعه داده شده، استفاده گردید.

جدول ۱- مقادیر آزمون KMO (کیسر ۱۹۷۴).

مقدار KMO	تناسب داده‌ها برای تحلیل عاملی
بزرگتر یا مساوی ۰/۹	عالی
۰/۸-۰/۸۹	خیلی خوب
۰/۷-۰/۷۹	خوب
۰/۶-۰/۶۹	متوسط
۰/۵-۰/۵۹	ضعیف
کمتر از ۰/۵	غیرقابل پذیرش



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.

اطلاعات مورد استفاده

در راستای انجام این تحقیق داده‌های ماهانه کمی و کیفی آب، اندازه‌گیری شده از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۲ شامل: دبی رودخانه آجی‌چای، کاتیون‌ها و آنیون‌ها اصلی رودخانه و آب‌های زیرزمینی، هدایت الکتریکی (EC)، غلظت کل املاح محلول (TDS) و pH استفاده گردید. در این مطالعه در قدم اول به منظور شناسایی و کنترل عوامل مؤثر بر آلودگی رودخانه آجی‌چای و آبخوان دشت تبریز از تحلیل مؤلفه‌های اصلی در محیط نرم‌افزاری SPSS استفاده گردید. این روش توسط کارل پیرسون^۱ در سال ۱۹۰۱ و چارلز اسپیرمن^۲ در سال ۱۹۰۴ برای اولین بار هنگام اندازه‌گیری هوش مطرح شد و برای تعیین تأثیرگذارترین متغیرها در زمانیکه تعداد متغیرهای مورد بررسی زیاد و روابط بین آنها ناشناخته باشد، استفاده می‌شود. در این روش متغیرها در عامل‌هایی قرار می‌گیرند، به طوری که از عامل اول به عامل‌های بعدی درصد واریانس کاهش می‌یابد، از این رو متغیرهایی که در عامل‌های اولی قرار می‌گیرند، تأثیرگذارترین هستند (زارع چاهوکی ۱۳۸۹).

برای انجام تحلیل عاملی ابتدا به تعیین و تشخیص مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی پرداخته شد. از جمله این روش‌ها استفاده از ضریب KMO^3 است که مقدار آن همواره بین صفر و یک در نوسان است و از رابطه ۱ به دست می‌آید (کیسر ۱۹۷۴):

1- Karl Pearson

2- Charles Sprearman

3- Kaiser Meyer Olkin

4- Varimax

5- Waikato

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تحلیل عاملی

ایستگاه هیدرومتری و نیار

با توجه به جدول ۲ چون مقدار آماره KMO برابر $0/707$ است که از مقدار $0/6$ بزرگ‌تر می‌باشد پس داده‌ها برای انجام تحلیل عاملی مناسب‌اند. همچنین نتایج آزمون کرویت بارتلت نیز معنی‌دار است، به این مفهوم که فرض مخالف تأیید می‌شود، یعنی بین متغیرها همبستگی معنی‌دار وجود دارد (بارتلت ۱۹۳۷).

برای استخراج پارامترهای اصلی کیفیت آب از درون این مؤلفه‌ها، از بار عاملی چرخانده شده با دوران واریمکس استفاده شد. بر این اساس در هر مؤلفه، پارامترهایی که دارای بیشترین بار عاملی (مثبت یا منفی) هستند، بهترین نماینده برای توصیف آن مؤلفه می‌باشند. جدول ۳ مقدار ویژه و واریانس متناظر با عامل‌ها را نشان می‌دهد. چنان‌که مشاهده می‌شود ۳ عامل، قابلیت تبیین واریانس‌ها را دارند. عامل‌های اول، دوم و سوم به ترتیب $54/5$ ، $13/1$ و $12/1$ در مجموع $79/7$ درصد از واریانس را در بردارند.

جدول ۴ سهم متغیرها را در عامل‌ها بعد از چرخش نشان می‌دهد. هر متغیر در عاملی قرار می‌گیرد که با آن عامل همبستگی بالایی معنی‌داری داشته باشد. با توجه به جدول ۴ در مؤلفه اول که دارای بیشترین درصد توصیف واریانس ($54/5$) بوده است، پارامترهای EC ، Cl ، SO_4 ، Ca ، Mg ، Na ، SAR و TDS دارای بیشترین همبستگی می‌باشند. اعضای این مؤلفه نمایش‌دهنده یون‌ها و مواد معلق در رودخانه مورد مطالعه هستند. در میان پارامترهای موجود در مؤلفه اول، Cl و Na دارای بیشترین بار عاملی ($0/973$) و $0/972$ هستند. و به عنوان پارامترهای اصلی این مؤلفه انتخاب شده‌اند. در مؤلفه دوم HCO_3 ، CO_3 و pH دارای بیشترین بار عاملی هستند، اجزای این مؤلفه، نشان‌دهنده اسیدیته آب هستند و در این مؤلفه CO_3 به عنوان پارامتر اصلی انتخاب شده است و نیز نتایج حاصل از مؤلفه سوم بیانگر آن است که k بیشترین همبستگی ($0/839$) را با این مؤلفه داشته است، و می‌توان آن را مهم‌ترین پارامتر در نمایش اطلاعات این مؤلفه دانست.

در فرآیند شبیه‌سازی به منظور افزایش دقت، صحت و سرعت شبکه‌ها، داده‌ها در طیف وسیعی از ۰ و ۱ نرمال شدند و داده‌های مدل در سه گروه به عنوان مجموعه داده آموزش (65%)، صحت سنجی (10%) و مجموعه داده‌های آزمون (25%) طبقه‌بندی شدند و سپس در تعیین بهترین مدل برآورد با کارایی و دقت بالا از معیارهای ضریب تبیین و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده گردید. در نهایت با استفاده از نقشه‌های پهنه‌بندی در سال‌های آماری متفاوت، و مقایسه این نقشه‌ها با هم، تغییرات کیفیت آب زیرزمینی، و عوامل مؤثر بر این تغییرات مورد بررسی قرار گرفت، با استفاده از نرم‌افزار تخصصی سامانه اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS) نیم‌تغییرنمای داده‌ها (سمیواریوگرام) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با استفاده از نیم‌تغییرنمای می‌توان علاوه بر بررسی ساختار مکانی، شعاع همبستگی متغیرها، بررسی ایستایی داده‌ها، همسانگردی متغیرها و وجود یا عدم وجود روند در داده‌ها را نیز تشخیص داد. مدل مناسب برای برآزش بر روی نیم‌تغییرنمای تجربی با توجه به مقدار $RMSE$ و MBE^9 (میانگین انحراف خطا) کمتر (ایساک و اسریواستاوا ۱۹۸۹) و میزان نسبت $\frac{C_0}{C_0 + C}$ (نسبت اثر قطعه‌ای به حد آستانه) که باید کمتر از $0/5$ باشد انتخاب شد. این نسبت معرف آن است که چه مقدار از کل تغییرپذیری را اثر قطعه‌ای توجیه می‌کند. اگر این نسبت کمتر از 25 درصد باشد، نشان‌دهنده وابستگی قوی متغیر مکانی می‌باشد. اگر این نسبت بین 25 تا 75 درصد باشد نشان‌دهنده وابستگی متوسط متغیر مکانی است و اگر بزرگتر از 75 درصد باشد وابستگی متغیر مکانی بسیار ضعیف می‌باشد (شی و همکاران ۲۰۰۷). سپس برای تعیین مناسب‌ترین روش میان‌یابی، از روش کریجینگ و کوکریجینگ استفاده گردید.

6 - Coefficient of determination

7 - Root mean square error

8 - Semivariogram

9 - Mean bias error

جدول ۲- آماره *KMO* و نتایج آزمون کرویت بارتلت ایستگاه و نیار.

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	0.707
Approx. Chi-Square	3317.457
Bartlett's Test of Sphericity	df
	78
	Sig.
	0.000

جدول ۳- درصد وایانس و مقادیر ویژه عامل‌های مختلف ایستگاه هیدرومتری و نیار.

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	7.58	58.307	58.307	7.58	58.307	58.307	7.09	54.537	54.537
2	1.45	11.169	69.476	1.45	11.169	69.476	1.70	13.125	67.662
3	1.33	10.297	79.773	1.33	10.297	79.773	1.57	12.111	79.773
4	.819	6.298	86.071						
5	.756	5.817	91.888						
6	.406	3.123	95.011						
7	.280	2.152	97.163						
8	.204	1.570	98.733						
9	.119	.916	99.649						
10	.029	.222	99.871						
11	.016	.122	99.993						
12	.001	.006	99.999						
13	.000	.001	100.000						

۱۳/۸ تغییرات را نشان می‌دهد که شامل پارامترهای

HCO_3^- ، CO_3 و pH است. این امر بدین معنی است که

به‌منظور کنترل کیفیت آب رودخانه، پارامترهای

مؤلفه‌های اول از اهمیت بیشتری نسبت به پارامترهای

بعدی برخوردارند.

پیزومتر آخولا

نتایج حاصل از جدول ۵ حاکی از آن است که ۲

عامل قابلیت تبیین واریانس‌ها را دارند. اگر عامل‌های

به‌دست آمده را با روش واریانس چرخش دهیم،

عامل‌های اول و دوم به‌ترتیب ۶۹/۹ و ۱۹/۱۶ و در

مجموع ۸۹ درصد از واریانس را در بردارند.

جدول ۶ سهم متغیرها را در عامل‌ها بعد از

چرخش نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود

سهم ۲ عامل که به‌عنوان عوامل اصلی در آلودگی نقش

دارند در جدول ۶ آمده است. با توجه به جدول ۶ در

مؤلفه اول که دارای بیشترین درصد توصیف واریانس

بوده است. پارامترهای Na ، Ca ، Mg ، EC ، TDS و SO_4

بصورت مثبت، CO_3 و pH به‌صورت منفی بیشترین

همبستگی را با این مؤلفه داشته‌اند. در میان پارامترهای

جدول ۴- ماتریس عاملی دوران یافته ایستگاه و نیار.

	Component		
	1	2	3
NA%	0.636	0.073	-0.523
SAR	0.927	0.118	-0.138
K	0.253	0.067	0.839
Na	0.973	0.133	0.019
Mg	0.791	0.054	0.344
Ca	0.869	0.092	0.408
SO4	0.815	0.049	-0.038
Cl	0.972	0.132	0.086
HCO3	-0.145	0.644	-0.068
CO3	-0.226	-0.797	-0.023
pH	-0.331	-0.731	-0.190
EC	0.907	0.118	0.348
TDS	0.907	0.116	0.350

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در اولویت‌بندی

اهمیت هر کدام از پارامترها در آلودگی نقش مثبتی

ایفا می‌کند بکار می‌روند، به‌طوری‌که پارامترهای

مهم‌تر در مؤلفه اول و پارامترهای کم‌اهمیت‌تر

به‌ترتیب در مؤلفه‌های بعدی قرار می‌گیرند، برای مثال

در ایستگاه و نیار مؤلفه اول که شامل پارامترهای

(SAR، Na، Mg، Ca، SO_4 ، Cl، EC، TDS) می‌باشد، ۵۴/۵

درصد تغییرات را نشان می‌دهد و مؤلفه دوم نیز

دارای بیشترین بار عاملی هستند، و در این مؤلفه SAR، به‌عنوان پارامتر اصلی انتخاب شده است.

موجود در مؤلفه اول، EC و TDS دارای بیشترین بار عاملی هستند و به‌عنوان پارامتر اصلی این مؤلفه انتخاب شدند. در مؤلفه دوم SAR و NA% (درصد سدیم)

جدول ۵- درصد وایانس و مقادیر ویژه عامل‌های مختلف پیزومتر آخولا

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	9.095	69.959	69.959	9.095	69.959	69.959	9.090	69.92	69.9
2	2.487	19.130	89.089	2.487	19.130	89.089	2.492	19.16	89.0
3	0.832	6.396	95.486						
4	0.539	4.150	99.636						
5	0.047	0.364	100.000						

SAR 0.147 0.977

جدول ۶- ماتریس عاملی دوران یافته پیزومتر آخولا.

Component	Component	
	1	2
EC	0.986	0.077
pH	-0.836	-0.088
TDS	0.986	0.077
Ca	0.935	-0.181
Mg	0.931	-0.359
Na	0.852	0.519
K	0.742	-0.041
HCO3	0.651	0.450
CO3	-0.978	0.132
Cl	0.978	0.087
SO4	0.970	-0.011
NA%	-0.364	0.926

نتایج حاصل از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و درخت تصمیم M5

داده‌های اندازه‌گیری شده ماهانه رودخانه آجی‌چای به‌منظور ورود به نرم‌افزارهای مورد نظر بین سال‌های آماری ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۲ مورد بررسی قرار گرفته و مشخصات آماری آن‌ها به‌طور خلاصه در جدول ۷ منعکس شده است.

جدول ۷- مشخصه‌های آماری مؤلفه‌های مختلف شیمیایی آب رودخانه آجی‌چای بر حسب meq L^{-1} .

EC($\mu\text{mhos cm}^{-1}$)	TDS(ppm)	pH	Ca	Mg	Na	K	HCO3	CO3	Cl	SO4	$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ دبی	پارامتر
۴۸۰۸	۳۰۷۷	۷/۷۰	۷/۳۶	۵/۱۲	۴۰/۹	۰/۳۷	۵/۶۳	۰/۰۳	۴۲/۴	۶/۱۱	۹	میانگین حسابی
۲۸۷۵	۱۸۴۰	۰/۴۰	۳/۳۴	۲/۲۳	۲۷	۰/۱۵	۱/۷۱	۰/۱۱	۲۷/۸	۷/۱۲	۲۰/۹۱	انحراف معیار
۱۹۲۶۹	۱۲۳۳۲	۸/۸۰	۲۶	۱۲/۴	۱۷۸	۰/۹۷	۱۱/۵۰	۰/۵۰	۱۴۶	۷۴/۴	۱۳۸/۴۷	بیشینه
۱۵۳۷	۹۸۴	۶/۷۰	۲	۱/۴۰	۸/۸۰	۰/۱۲	۲/۵۵	۰	۹/۸۷	۰/۵۰	۰/۱۲	کمینه
۴۳۰۷	۲۷۵۶	۷/۶۰	۶/۸۰	۴/۴۴	۳۶	۰/۳۸	۵/۶۰	۰	۳۶	۴/۸۵	۱/۷۵	میانه
۱۷۷۳۲	۱۱۳۴۹	۲/۲۰	۲۴	۱۱	۱۶۹	۰/۸۵	۸/۹۵	۰/۵۰	۱۳۶	۷۳/۹	۱۳۸/۳۵	دامنه تغییرات
۲/۲۰	۲/۲۰	۰/۴۲	۲/۱۵	۱/۱۳	۲/۳۴	۱/۰۱	۰/۴۶	۳/۲۶	۱/۹۵	۷/۱۰	۴/۲۰	چولگی

الکتریکی به عنوان خروجی مدل و برای شبیه‌سازی در نظر گرفته شد. در طی فرآیند مدل‌سازی برای شبیه‌سازی کلر پارامترهای TDS، pH و دبی رودخانه و

با توجه به نتایج بدست آمده از تحلیل عاملی در تمامی ایستگاه‌ها شوری از عوامل اصلی آلودگی در رودخانه آجی‌چای می‌باشد بدین ترتیب کلر و هدایت

همچنین در اجرای شبکه عصبی مصنوعی شبکه از پرسپترون دولایه با توابع انتقال تانژانت و الگوریتم لونیگ مارکوارت، برای هر دو لایه استفاده گردید.

برای شبیه‌سازی هدایت الکتریکی پارامترهای pH، SAR، Mg، Ca و دبی رودخانه به‌عنوان ورودی شبکه انتخاب گردید. نتایج مدل شبکه عصبی مصنوعی در جدول ۸ و الگوریتم درخت تصمیم M5 در جدول ۹ ذکر شده است.

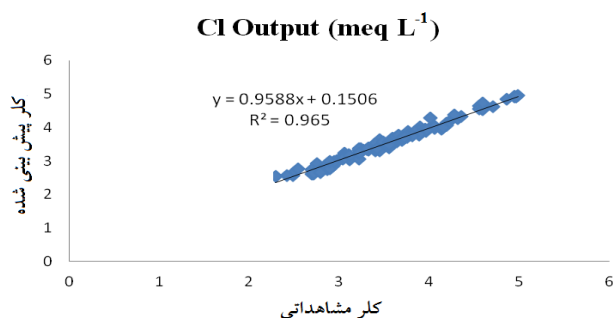
جدول ۸- شاخص‌های آماری مربوط به مدل MLP شبکه عصبی مصنوعی در مراحل مختلف شبکه.

مرحله آموزش		مرحله صحت‌سنجی		مرحله آزمون		مدل - MLP		
RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	پارامترهای ورودی	تعداد نرون	پارامترهای خروجی
۰/۱۰۵	۰/۹۵	۰/۱۱۲	۰/۹۴	۰/۰۷۸	۰/۹۶	TDS, pH, Q	۵	Cl
۰/۰۰۶۴	۰/۹۸	۰/۰۰۸۶	۰/۹۸	۰/۰۰۲۳	۰/۹۸	SAR, pH, Ca, Mg, Q	۵	EC
	۳۴		۱۲		۸۶	۱۳۲		تعداد داده‌ها

مقابل محاسباتی رودخانه آجی‌چای برای سال آماری ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۲ به‌ترتیب برای پارامترهای EC و Cl در کل فرآیند شبکه (آموزش، صحت‌سنجی و آزمون) برای مدل MLP نشان داده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود، مقادیر به‌طور مساوی در اطراف خط رگرسیون توزیع شده‌اند.

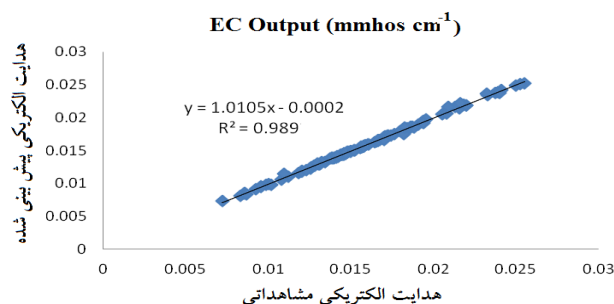
نتایج نشان می‌دهد:

تعداد رشته‌های عصبی داخلی شبکه با سعی و خطا انتخاب شد، بدین‌صورت که شبکه با ۵ نرون داخلی به‌عنوان بهترین شبکه در فرآیند مدل‌سازی انتخاب شد. مقادیر R² و RMSE برای مراحل مختلف شبکه، برای پارامترهای Cl و EC در جدول ۸ قابل مشاهده است. در شکل‌های ۲ و ۳ نمودار پراکنش داده‌های مشاهداتی در



شکل ۳- نمودار پراکنش کلر با شبکه عصبی مصنوعی در مرحله آموزش.

جدول ۹ مقادیر ضریب همبستگی بالا و خطای کمتر، نشان‌گر قدرت بالای مدل درختی M5 در پیش‌بینی کلر و هدایت الکتریکی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. مدل درخت تصمیم قادر است بدون دخالت کاربر، ورودی‌های مهم‌تر را برای ایجاد قوانین پیش‌بینی استفاده و ورودی‌های ضعیف‌تر را حذف نماید. شکل‌های ۶ و ۷ به‌ترتیب الگوریتم‌های پیش‌بینی شده



شکل ۲- نمودار پراکنش هدایت الکتریکی با شبکه عصبی مصنوعی در مرحله آموزش.

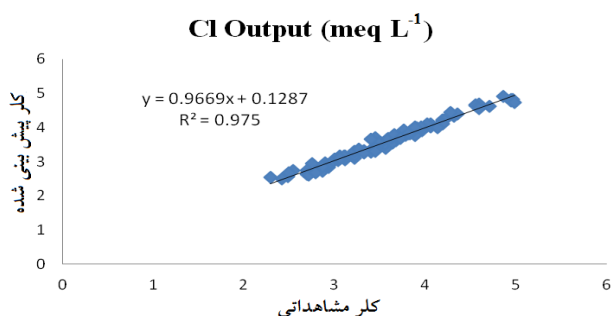
مقادیر R² و RMSE برای مراحل مختلف شبکه، برای پارامترهای Cl و EC در جدول ۹ قابل مشاهده است. در شکل‌های ۴ و ۵ نمودار پراکنش داده‌های مشاهداتی در مقابل محاسباتی رودخانه آجی‌چای برای سال آماری ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۲ به‌ترتیب برای پارامترهای EC و Cl در کل فرآیند شبکه (آموزش، صحت‌سنجی و آزمون) با مدل M5 نشان داده شده است. با توجه به

تصمیم است در غالب موارد منجر به افزایش کارایی درخت در پیش‌بینی مقادیر خروجی می‌شود.

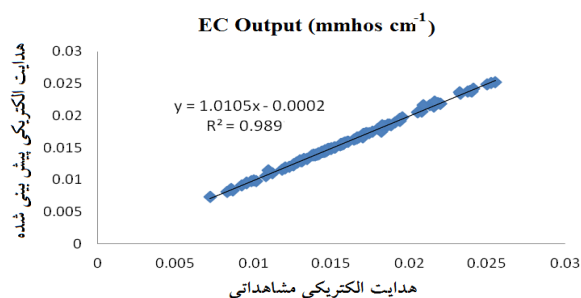
برای شوری و کلر را نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود مقادیر ضعیف ورودی توسط مدل هرس شده است. هرس که یکی از مراحل اجرای مدل درخت

جدول ۹- نتایج مدل‌سازی با درخت تصمیم M5.

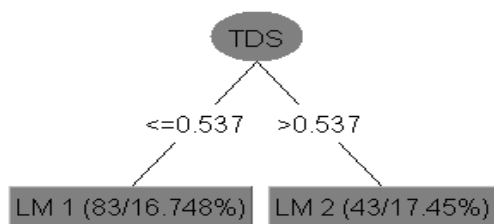
مرحله آموزش		مرحله صحت سنجی		مرحله آزمون		
RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	مدل - M5
۰/۰۹۹	۰/۹۶	۰/۱۰۴	۰/۹۷	۰/۰۹۴	۰/۹۷	M5-CI
۰/۰۰۰۳	۰/۹۸	۰/۰۰۰۴	۰/۹۸	۰/۰۰۰۳	۰/۹۸	M5-EC
	۳۴		۱۲		۸۶	تعداد داده‌ها



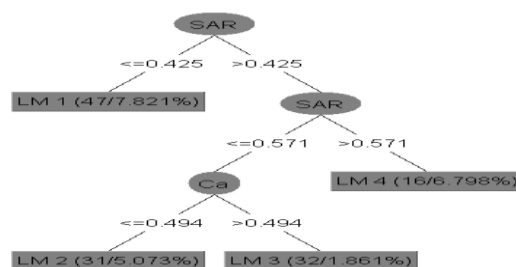
شکل ۵- نمودار پراکنش کلر با روش M5 در مرحله آموزش.



شکل ۴- نمودار پراکنش هدایت الکتریکی با روش M5 در مرحله آموزش.



شکل ۷- درخت تشکیل شده برای پیش‌بینی کلر.



شکل ۶- درخت تشکیل شده برای پیش‌بینی هدایت الکتریکی.

آب‌های سطحی (دریاچه و رودخانه) و زیرزمینی پرداخته می‌شود.

روند تغییرات شوری سفره آب زیرزمینی

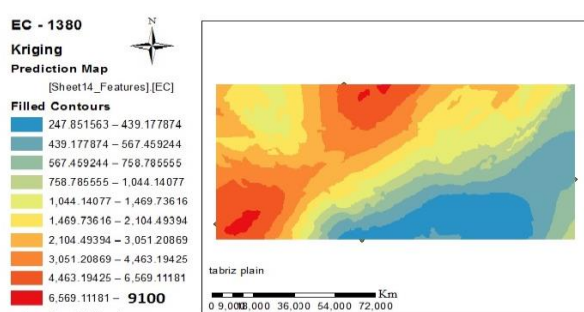
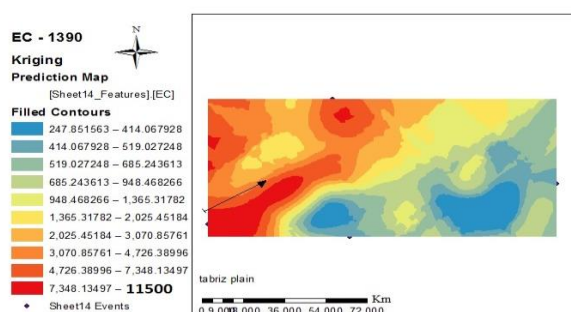
یکی از مشخصه‌های مهم در بررسی وضعیت کیفی آبخوان‌های کشور، مقدار شوری آبخوان‌ها است که با هدایت الکتریکی مشخص شده و این پارامتر در بیشتر آبخوان‌ها اندازه‌گیری

نتایج تحلیل زمین آمار

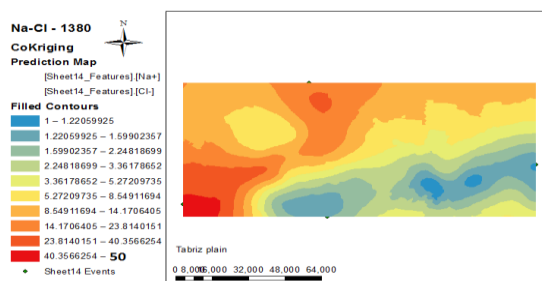
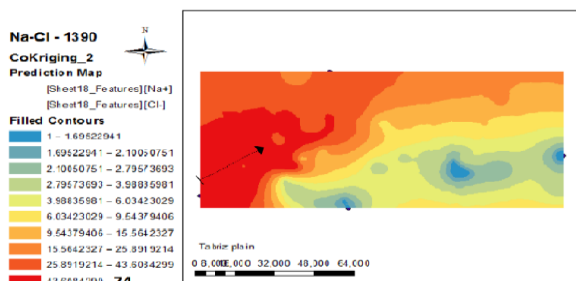
دریاچه ارومیه به‌عنوان حوضه آبریز رودخانه آجی‌چای، تحت تأثیر عوامل مختلف، طی ۱۰ سال اخیر، شاهد کاهش تراز سطح آب بوده است. در اینجا با استفاده از داده‌های کیفیت ۵۰ عدد پیزومتر در دشت تبریز در سال‌های آماری ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ و با استفاده از تحلیل زمین آماری به بررسی اثرات متقابل

۹۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۸۰ به بالای ۱۱۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۹۰ در مقطع جبهه خروجی رسیده است و نیز با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی Na-Cl و مقایسه شکل‌ها، مقدار سدیم از بیشینه ۵۰ میلی‌اکی والانت در لیتر در سال ۱۳۸۰ به بالای ۷۴ میلی‌اکی والانت در لیتر در سال ۱۳۹۰ در مقطع جبهه خروجی رسیده است که نشان‌دهنده کاهش تراز آب زیرزمینی دشت تبریز و ورود آب شور دریاچه ارومیه به سمت آبخوان تبریز است.

می‌شود. در این بخش روند کیفی و پهنه‌بندی شوری آبخوان تبریز (شکل ۸) با روش کریجینگ و پهنه‌بندی کلر و سدیم (شکل‌های ۹ و ۱۰) با روش کوکریجینگ به دلیل همبستگی بالای این دو مقدار (نتایج تحلیل عاملی)، در دو مقطع زمانی ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ تحلیل می‌شود. با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی سطح زیادی از آبخوان کیفیت نامناسبی در نفوذ جبهه آب شور پیدا کرده است. به نحوی که مقدار هدایت الکتریکی در آن منطقه به طور چشمگیری افزایش یافته بر اساس مقایسه شکل‌ها، مقدار شوری از بیشینه



شکل ۹- پهنه‌بندی شوری آبخوان تبریز در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰.



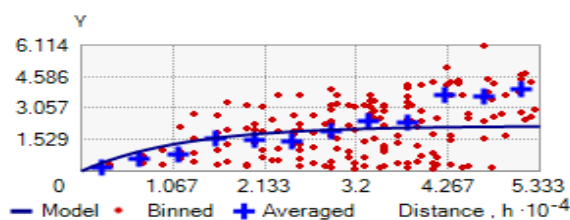
شکل ۱۰- پهنه‌بندی سدیم- کلر آبخوان تبریز در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰.

- در قسمت‌های مرکزی دشت دانه‌ریز بودن آبرفت، و عبور آب زیرزمینی از سازندهای مارنی‌گچدار و نمکدار، و در بخش غربی دشت نیز به دلیل برداشت زیاد توسط چاه‌ها میزان شوری آب افزایش یافته، که موجب برهمکنش مرز بین آبخوان ساحلی و شیرین شده است.
- بر اساس نقشه هدایت الکتریکی، روند تغییرات شوری از حاشیه‌های جنوب شرقی و جنوب به طرف مرکز (رودخانه

کیفیت شیمیایی آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار گیرد. مهم‌ترین این عوامل در هر منطقه عبارتند از لیتولوژی (جنس سنگ)، بارندگی، تبخیر و نفوذ آب شور. ولی اساساً یکی از عوامل ذکر شده مهم‌تر و مؤثرتر می‌باشد (بتختین ۱۹۵۶):

- به طور کلی وضعیت آبخوان دشت تبریز از لحاظ کیفی نسبت به سال‌های قبل در وضعیت نامطلوب قرار گرفته است و مقدار شوری، سدیم و کلر آن افزایش یافته است.

افزایشی میزان این عوامل می‌باشد. مدل گوسی برای برازش بر روی نیم‌تغییرنمای تجربی با توجه به مقدار RMSE و MBE کمتر انتخاب گردید. RMSE و MBE به ترتیب برای شوری ۶/۴ و -۰/۳۲، برای کلر- سدیم به ترتیب ۴/۶ و -۰/۱۷، و میزان نسبت $\frac{C_o}{C_o + C}$ (نسبت اثر قطعه‌ای به حد آستانه) برای شوری ۰/۲۵ و برای کلر- سدیم ۰/۰۵ شد که نشان‌دهنده وابستگی قوی متغیر مکانی می‌باشد.



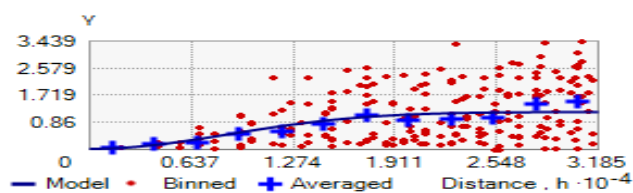
شکل ۱۲- نیم‌تغییرنمای سدیم- کلر در کل دشت تبریز.

ارزیابی و رسم نمونه جهت تعیین منشأ یون‌های محلول پی برد. اطلاعات به دست آمده از تجزیه شیمیایی بر روی نمودار گیبس تمرکز نقاط را در ناحیه سمت راست نشان می‌دهد و بیان‌گر این مسأله است که تبخیر و تعرق پارامتر غالب کنترل شیمی آب‌های زیرزمینی می‌باشد.

انتظار می‌رود همان‌طور که تبخیر غلظت یون‌های تشکیل شده در اثر هوازگی را افزایش می‌دهد، منجر به افزایش شوری نیز گردد. در حقیقت عامل تبخیر نسبت به هوازگی تشکیلات زمین‌شناسی و بارش از اهمیت به‌سزایی برخوردار می‌باشد و فرآیند عمده کنترل‌کننده کیفیت شیمیایی، واکنش متقابل آب و سنگ می‌باشد.

آجی‌چای) و غرب دشت (دریاچه ارومیه) افزایش می‌یابد.

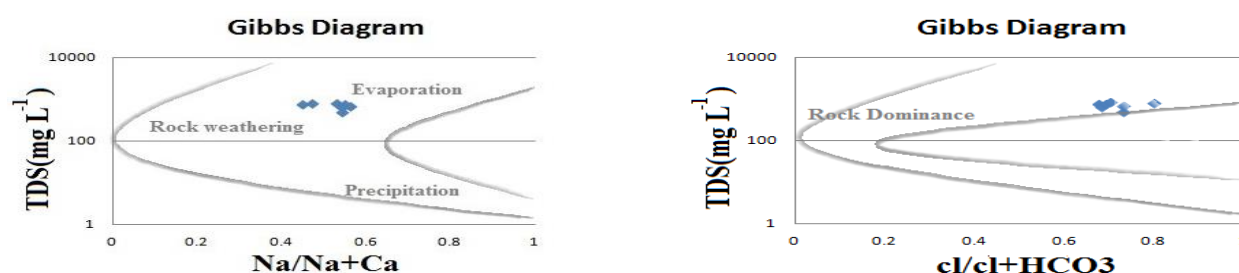
با استفاده از نیم‌تغییرنمای می‌توان علاوه بر بررسی ساختار مکانی، شعاع همبستگی متغیرها، بررسی ایستایی داده‌ها، همسان‌گردی متغیرها و وجود یا عدم وجود روند در داده‌ها را نیز تشخیص داد. جهت انجام تحلیل بر روی نیم‌تغییرنمای داده‌های کیفی آب بعد از نرمال‌سازی، نیم‌تغییرنمای شوری (شکل ۱۱) و کلر- سدیم (شکل ۱۲) رسم شدند. که حاکی از روند



شکل ۱۱- نیم‌تغییرنمای شوری در کل دشت تبریز.

ارزیابی عوامل تأثیرگذار بر کیفیت آب

نمودار گیبس می‌تواند هیدروشیمی آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه را ارزیابی کند. ژئوشیمی آب زیرزمینی، واکنش بین آب‌های زیرزمینی و مواد معدنی آبخوان نقش مهمی در کیفیت آب دارند که به درک پیدایش آب مفید است (گیبس ۱۹۷۰). جهت بررسی مکانیسم کنترل ساز و کارهای شیمی آب‌های زیرزمینی دشت تبریز و شناخت روند تکاملی آن‌ها، نمودار گیبس برای نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه با بهره‌گیری از نرم‌افزار Rockworks تهیه شد (شکل ۱۲)، با استفاده از مدل گیبس که بیان‌گر مکانیسم حاکم شیمی آب‌های زیرزمینی است، می‌توان بر طبق تغییرات در نسبت $\frac{Na}{Na + Ca}$ و $\frac{Cl}{Cl + HCO_3}$ به‌عملکرد TDS، به‌طور وسیع به



شکل ۱۳- نمودارهای گیبس آب زیرزمینی دشت تبریز (در نمودارهای گیبس، اگر تمرکز نقاط در سمت راست در بالا باشد نشان دهنده محیط تبخیری، در سمت چپ محیط بامنشأ مواد مادری و در گوشه سمت راست در پایین محیط بارشی را بیان می‌کند).

نتیجه‌گیری کلی

براساس یافته‌های این تحقیق طی سال‌های اخیر از میزان آب‌های با کیفیت عالی در آبخوان دشت تبریز کاسته شده و بر مقدار آب‌های با کیفیت متوسط تا بد افزوده شده است. محل تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی که قسمت جنوبی دشت می‌باشد دارای کیفیت عالی و خوب بوده و به تدریج با حرکت به طرف مرکز دشت و برخورد با سنگ‌های رسوبی، تبخیری و گنبد‌های نمکی و بر اثر انحلال نهشته‌های تبخیری و نفوذ آب از آبخوان ساحلی و آب‌های سطحی منطقه، کیفیت و ترکیب شیمیایی آبخوان تغییر یافته است.

باتوجه به روند اجرایی روش M5 و به دلیل حذف ورودی‌های ضعیف در فرآیند مدل‌سازی، پیش‌بینی نسبتاً دقیق‌تر، روابط ساده خطی قابل فهم‌تر و کاربردی‌تری برای پیش‌بینی کلر و شوری نسبت به شبکه عصبی مصنوعی ارائه می‌کند و نوع تصمیمات گرفته‌شده برای طبقه‌بندی در الگوریتم‌های درخت تصمیم، مشخص، شفاف و قابل استخراج است.

تحلیل‌های چند متغیره آماری قادر است حجم گسترده‌ای از داده‌ها را پردازش نماید و به‌عنوان راهکاری کمی در مدیریت کیفیت آب رودخانه‌های استان مطرح گردد. نتایج تجزیه عامل‌های اصلی، نشان داد که عوامل اصلی آلودگی در رودخانه آجی‌چای در مؤلفه نخست مربوط به Na، Cl، EC و TDS می‌باشد. این عوامل آلودگی حاکی از معدنی بودن و مربوط به بستر رودخانه بوده که در اثر فرسایش مقدار مشخصی از هر پارامتر در آب رودخانه وجود دارد.

پارامترهای pH و CO₃ در مؤلفه دوم، پارامترهای اصلی به‌شمار می‌روند. در این مورد می‌توان به تأثیرپذیری کیفیت آب رودخانه‌ای از آب زیرزمینی و حل شدن عناصر در رسوبات و تأثیر آلاینده‌های کشاورزی اشاره نمود در این مورد می‌توان به تحقیقات رزمخواه (۱۳۸۵) اشاره کرد و همچنین نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی در مورد آبخوان‌های بخش مرکزی و غربی دشت تبریز حاکی از آن است که بیش از ۶۹ درصد آلودگی آبخوان مربوط به Na، Ca، Mg، EC، TDS و SO₄ می‌باشد این عوامل به اثر لایه خاک و رسوبات منطقه غیراشباع و اشباع و اثر سازندهای شور مربوط می‌شود. هر قدر رسوبات آبخوان دانه ریزتر باشد اثر این عوامل بیشتر است، زیرا از طرفی عناصری مثل سدیم و کلر در رسوبات ریزدانه بیشتر هستند و از طرف دیگر آب زیرزمینی در عبور از این رسوبات حرکت کندتری دارد و به‌همین دلیل غلظت آن‌ها در آب زیرزمینی افزایش پیدا می‌کند. غالب بودن کلسیم، منیزیم و سولفات به اجزا و سیمان آهکی منطقه برمی‌گردد و این نتایج با نتایج گونزالس و همکاران (۲۰۰۵) همخوانی دارد.

تجزیه و تحلیل زمین آماری نشان داد که داده‌های هدایت الکتریکی، کلر و سدیم در منطقه مورد مطالعه دارای همبستگی مکانی قوی بوده و ساختار مکانی آنها از شبیه نیم‌تغییرنمای گوسی تبعیت می‌کند و نیز نتایج نقشه‌های پهنه‌بندی و دیاگرام گیبس نشان می‌دهد که عوامل مختلفی همچون تبخیر زیاد به‌سبب شرایط اقلیمی، ارتباط هیدرولیکی با

تقدیر و تشکر

از شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی که با در اختیار گذاشتن اطلاعات مورد نیاز، این تحقیق را یاری نمودند قدردانی می‌شود.

سازندهای نمکی در مرکز و در نهایت برداشت بی‌رویه از آب زیرزمینی دشت تبریز در غرب دشت باعث کاهش کیفیت آب زیرزمینی و هجوم آب شور دریاچه ارومیه شده است.

منابع مورد استفاده

- Asghari Moghaddam A, 1991. The hydrology of Tabriz area, Iran. Ph.D Thesis. University College London, London.
- Aytac G and Kisi O, 2011. Estimation of suspended sediment yield in Netural river using machine-coded linear genetic programming. *Water Resources Management* 25: 691 - 704.
- Bartlett MS, 1937. Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 160(901): 268-282.
- Betekhtin A, 1956. A course of mineralogy. Peace publishers Moscov, pp: 376-386.
- Bhardwaj V, Singh DS and Singh AK, 2010. Water quality of the Chhoti Gandak River using principal component analysis, Ganga plain, India. *Journal of Earth System Science* 119: 117-127.
- Bu H, Tan X, Li S and Zhang Q, 2010. Temporal and spatial variations of water quality in the Jinshui River of the South Qinling Mts., China. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 73: 907-913.
- Ghahraman B, Hosseini M and Asgari H, 2003. Geostatistics application in assessing groundwater quality. *Journal of Amir Kabir University*, 14: 971-981.
- Gibbs RJ, 1970. Mechanisms controlling world's water chemistry. *Science* 170: 1088-1090.
- Gonzalez JC, Grande JA, Barragan FJ, Ocana JA and Dela T, 2005. Nitrate accumulation and other components pf the groundwater in relation to cropping system in an aquifer in southwestern Spain. *Water Resources Management* 19: 1-22.
- Kaiser HF, 1974. An index of factorial simplicity. *Psychometrika* 39: 31-36.
- Kravchenko AN, Bullocka DG, Robert PC, Rust RH and Larson WE, 1999. Comparision of Intepolation methods for mapping soil pand K contents. *Proceedings of the Fourth Intemational Confrence on Precision Agriculture, St. Poal., Minnesota, USA*, p 19. Part A and B 267-279.
- Nadiri A, 2007. Estimation of groundwater level using neural networks in the metro area of Tabriz city. Master's degree in Hydrology, Faculty of Natural Sciences, Tabriz University.
- Quinlan JR, 1986. Introduction of decision trees. *Machine Learning* 1: 81-106.
- Razmkhah H, 2006. Application of template detection techniques in assessing spatial and temporal changes of river water quality, case study of Kor River. Pp.15-300 *Proceedings of the 7th International River Engineering Seminar, Chamran University of Ahvaz*. 1:15-30.
- Rizzo DM and Mouser JM, 2000. Evaluation of geostatistics for combined hydrochemistry and microbial community fingerprinting at a waste disposal site critical transitions in Water and Environmental Resources Management 10: 1-11.
- Shi j, Wang H, Xu J, Wu J, Liu X, Zhu H and Yu C, 2007. Spatial distribution of heavy metals in soils: a case study of Changing, China. *Environmental Geology* 52: 1-10.
- Sophocleous M, 2002. Interaction between groundwater and surface water: The state of the Science. *Hydrogeology Journal* 10: 52-56.
- Vega M, Pard P, Barrado OE and Deban L, 1998. Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. *Pergamon* 32: 3581-3592.
- Winter TC, Harvey JW, Franke OL and Alley WM, 1998. *Ground Water and Surface Water a Single Resource*. U.S. Geological Survey Circular 1139, U.S. Government Printing Office, Denver, Colora.
- Zare Chahuki MH, 2010. Multivariate analysis methods in SPSS software. *Publications knowledge sharing*.