هیدروژئولوژی، سال دوم، شماره ۲، زمستان ۱۳۹۶
Hydrogeology, Volume 2, No. 2, Winter 2018

مدل‌سازی ارتباط متغیرهای محیطی و کیفیت آب زیرزمینی در دشت تجن استان مازندران

سیده زهرا نوربخش[۱]، حسین یوسفی[*۲]

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی اثرات عوامل محیطی مختلف بر کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت تجن و شناسایی مهم‌ترین عوامل و ارائه مدل‌های پیش‌بینی کیفیت آب می‌باشد. دشت تجن با وسعت ۶۳۱ کیلومترمربع در شرق استان مازندران واقع شده است. داده‌های کیفی مربوط به یک دوره زمانی ۱۰ ساله در ۶۵ چاه آب شرب منطقه به‌عنوان داده‌های پایه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. به‌منظور تعیین شاخص کیفیت آب زیرزمینی در منطقه، ۶ پارامتر کیفی سولفات، آهن، نیترات، EC، کلسیم، TDS و کلرور از طریق فرایند تحلیل سلسله مراتبی انتخاب شدند و بر اساس این ۶ پارامتر، شاخص کیفیت آب زیرزمینی مربوط به هر چاه محاسبه گردید. هفت متغیر مستقل جمعیت، سطح ایستابی، میزان آبدهی، قابلیت انتقال تشکیلات آبخوان، فاصله از دریا، فاصله از منطقه متراکم شهری و فاصله از گسل به‌عنوان عوامل تأثیرگذار بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد بررسی قرار گرفتند. ارتباط بین متغیرهای مستقل و متغیرهای وابسته از طریق آزمون همبستگی پیرسون بررسی و همچنین توسط رگرسیون چند متغیره مدل‌سازی گردید. نتایج حاکی از آن است که مهم‌ترین عامل افت کیفیت آب در منطقه تراکم جمعیت در بالادست سفره می‌باشد به‌طوری که در محدوده متراکم شهری و روستاهای پرجمعیت کیفیت آب نسبت به سایر بخش‌های دشت پایین‌تر است. مدل‌های ارائه شده توسط چهار آزمون اعتبارسنجی شدند، همچنین نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب منطقه از داده‌های واقعی با نقشه‌های پهنه‌بندی مربوط به داده‌های حاصل از مدل‌ها مقایسه شد، نتایج حاکی از آن بود که مدل‌ها از اعتبار و قابلیت پیش‌بینی لازم برخوردارند، نقشه‌های پهنه‌بندی نشان می‌دهند که تنها ۱۴٪ از مساحت منطقه دارای کلاس کیفی متوسط و ضعیف است اما بیش از ۵۰٪ چاه‌های شرب در همین مساحت حفر شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: دشت تجن، رگرسیون چند متغیره، شاخص کیفیت آب زیرزمینی، همبستگی پیرسون.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۰۷
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۲/۱۵

۱- دانش‌آموخته دکتری مدیریت محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی تهران
۲-استادیار، دانشکدهٔ علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران
*_ نویسنده مسئول

Investigating and Modeling the Relationship between Environmental Factors and Ground Water Quality in Tajan Plain- Mazandaran

*Zahra Nourbakhsh[1], Hossein Yousefi [*2]*

Abstract

The aim of this study is to evaluate the effects of different factors on the quality of groundwater and identifying the most important factors and presenting model to predict water quality in Tajan plain. Tajan plain with an area of 631 Km2 is located in the east of Mazandaran provice. The qualitative data related to a 10-year period in 65 drinking water wells were analyzed as basic data in the study area. In order to determine the Ground Water Quality Index (GWQI), six quality parameters; Sulfate, Iron, Nitrate, EC, Calcium, TDS and Chloride were selected via Analytical Hierarchy Process (AHP). Seven factors were analyzed as the variables influencing the quality of groundwater contain population, ground water table, discharge ratio, transmissivity, and distance to outlet, distance to city and distance to fault. The relation between independent and dependent variables was analyzed through Pearson correlation and modeled via multiple regressions. The results showed that the most important factor degrading the quality of ground water in the area is population density upstream the aquifer, such that within urban areas and populated rural areas the water quality is weaker than the other parts of the plain. Presented regression models were validated by four assumptions. Also the zoning map of groundwater quality based on actual data was compared with the maps related to the data extracted from the models. It was concluded that models had enough reliability and ability for prediction. Zoning maps were showed that only 14% of the area has medium and low water quality class but more than 50% of wells had been drilled in this area.

Keywords: ***Ground Water Quality Index, Multiple Regressions, Pearson Correlation, Tajan Plain.***

Received: 2016/12/27
Accepted: 2017/05/03

1-PhD in Environmental Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2-Assistant Professor, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran
*- Corresponding Author: Email: Hosseinyousefi@ut.ac.ir

مقدمه

منابع آب زیرزمینی که از مهم‌ترین منابع تأمین آب شیرین در جهان می‌باشند حدود یک‌سوم منابع آبی کشور را تشکیل می‌دهند (فرید گیگلو و همکاران، ۱۳۹۲) و حدود ۵۰ درصد نیازهای آبی از این منابع تأمین می‌شود (نجمی، ۱۳۹۱). داشتن اطلاعات مربوط به کیفیت و کمیت آب زیرزمینی به دلیل وابستگی شدید جامعه به آن اهمیت زیادی دارد. این وابستگی در فاصله زمانی سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰ افزایش یافته است، به‌طوری که تخلیه چاه‌ها به‌طور متوسط ۵ برابر شده است (سامسون و همکاران، ۲۰۱۰).

آب‌های زیرزمینی به دلایل مختلف در معرض خطر افت کیفی و کمی هستند، استفاده بیش از حد از این منابع که نتیجه افزایش جمعیت و صنعتی شدن است کیفیت خیلی از آبخوان‌ها را در ایران تهدید می‌نماید (خدا پناه و همکاران، ۲۰۰۹). این موضوع در شرایطی است که در صورت آلوده شدن آب‌های زیرزمینی به علت محصور بودن و هم‌چنین قدرت خودپالایی کم، ممکن است آلاینده‌ها تا سال‌های متمادی در آن‌ها بماند (منصوری، ۱۳۹۱). از طرفی آلودگی سفره‌های زیرزمینی زمانی تشخیص داده می‌شوند که چاه‌ها آلوده شده باشند یعنی زمانی که حذف آلاینده‌ها از سفره تقریباً غیرممکن شود. لذا شناسایی منابع آلاینده و مدیریت آن‌ها بسیار حائز اهمیت است (لی پای و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین اطلاع از چگونگی تغییرات کیفی منابع آبی و تعیین میزان مناسب بودن این منابع برای مصارف گوناگون مانند کشاورزی و شرب، برای مدیریت صحیح و یکپارچه، لازم به نظر می‌رسد (مهری و همکاران، ۱۳۹۴). به علت اهمیت کیفیت منابع آب زیرزمینی در این زمینه تحقیقات مختلفی انجام پذیرفته است. در این زمینه شیروانی و همکاران با استفاده از اطلاعات ۱۰ ساله (۱۳۸۲ الی ۱۳۹۲) کیفی آب زیرزمینی طی تحقیقی به ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت صحرا باغ برای مصارف کشاورزی و صنعت پرداختند. ایشان بیان نمودند که آب این دشت برای آبیاری در کشاورزی نامرغوب بوده و کلسیم، سدیم و پتاسیم از جمله کاتیون‌های غالب آن بودند (شیروانی و همکاران، ۱۳۹۴). در تحقیقی که توسط ویکتورین نه و همکاران در سال ۲۰۱۵ منتشر شد، از روش DRASTIC-GIS به‌منظور ارزیابی آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی نسبت به آلاینده‌ها استفاده شد. ۷ عامل اثرگذار بر کیفیت در شاخص ارزیابی دخیل شدند که شامل عمق سفره، دبی، نوع آبخوان، جنس خاک، توپوگرافی، اثرات منطقه بالادست و هدایت الکتریکی بود (ویکتورین نه و همکاران، ۲۰۱۵). اصغری مقدم و آدی گوزل‌پور در سال ۱۳۹۵ غلظت فلزات سنگین را در دشت اشنویه با نمونه‌برداری از ۱۵ چاه شاخص مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که میزان آلومینیوم در یک‌سوم نمونه‌ها بیش از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی بوده است، همچنین به علت عمق کم آبخوان و فعالیت شدید کشاورزی این دشت در درازمدت در معرض آلودگی‌های شدیدتر قرار خواهد گرفت (اصغری مقدم و همکاران، ۲۰۱۵). نجف زاده و همکاران در سال ۱۳۹۵ تأثیر عوامل اقلیمی و زمین‌شناسی را بر کمیت و کیفیت آبخوان دشت مه‌ولات مورد ارزیابی قرار دادند، نتایج ایشان نشان داد که روند رو به رشد تعداد چاه‌های بهره‌برداری از راه‌های مختلف همچون افزایش اراضی باغی و در کنار آن کاهش بارش و خشک‌سالی‌های اخیر، سبب افت سطح آب زیرزمینی در منطقه شده که به دنبال آن پیشروی جبهه‌های آب‌شور از کویرهای مجاور باعث افت کیفیت آب شده است (نجف زاده و همکاران، ۱۳۹۴). حاجی نژاد و همکاران اثرات سایت دفع مواد زائد جامد را بر کیفیت آب زیرزمینی در شهرستان بجنورد بررسی نمودند، ایشان بیان نمودند که میزان برخی پارامترها مثل نیترات، سولفات و جامدات کل در پائین دست محل دفن زباله بیشتر از بالادست آن است (حاجی نژاد و همکاران، ۱۳۹۴).

بر اساس تئوری منبع و مأخذ (source-sink) برخی از کاربری‌های اراضی نقشی شبیه منبع ایجاد آلاینده برای آب را بازی می‌نمایند و برخی نقش دریافت کننده آلاینده‌های موجود در آب (جباریان و کانه یوکی، ۲۰۰۸)، بدین ترتیب اگر نقش انواع و ترکیبات مختلف کاربری‌های اراضی و همچنین سایر عوامل محیطی در یک حوزه آبخیز شناسایی شوند، می‌توان بر طبق آن‌ها و اقدامات مدیریتی کیفیت آب را ارتقاء داد. در تحقیقی که توسط جباریان و همکاران در سال ۲۰۱۲ منتشر شد، اثرات پوشش اراضی و تغییرات کاربری اراضی بر میزان کل فسفر در حوضه آبخیز چوگوکو در ژاپن با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقادیر برآورد شده فسفر از روی مدل‌ها با مقادیر واقعی مطابقت داشتند. بر اساس تجزیه و تحلیل مدل‌های حاصله، فسفات در

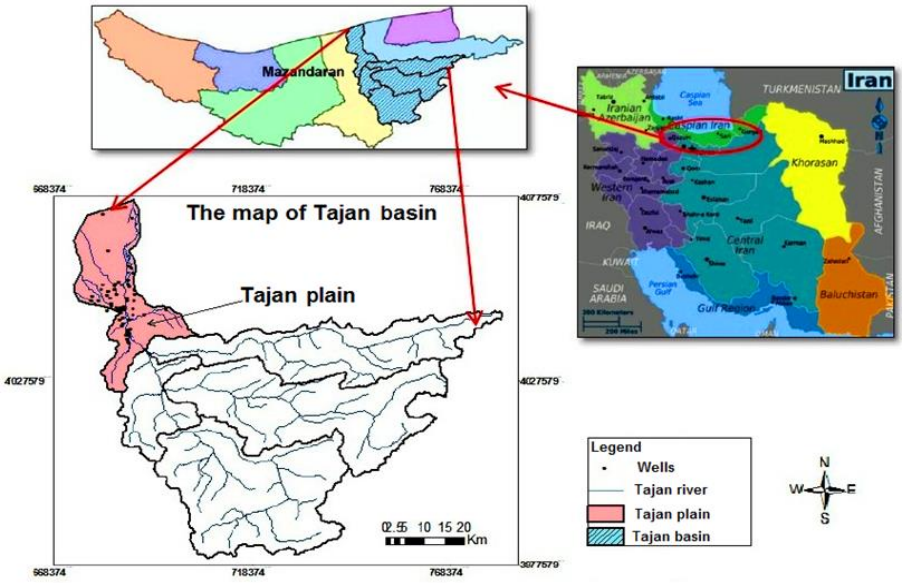
هر بخشی از منطقه که اراضی جنگلی قطع شده و تبدیل به کشاورزی شده بود به‌طور معنی‌داری مقادیر بالاتری از خود نشان داد (جباریان و همکاران، ۲۰۱۲). در سال ۲۰۱۲ تحقیقی در نیجریه توسط اولادله و عبدالرفیعو انجام شد که در آن کیفیت فیزیکوشیمیایی منابع آب زیرزمینی با توجه به کاربری اراضی از طریق تحلیل همبستگی مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق ۵۱ نمونه آب زیرزمینی از ۵ نوع کاربری اراضی (صنعتی، ساحلی، کشاورزی دیم، سایت دفع پسماند و مسکونی) برداشت شد. نتایج حاصله نشان داد که در کاربری‌های مختلف، مقادیر پارامترها ضرایب همبستگی متفاوتی از خود نشان دادند (اولادله و عبدالرفیعو، ۲۰۱۲).

در حال حاضر مطالعات جامعی در رابطه با اینکه آب‌های زیرزمینی در منطقه مطالعاتی با چه روندی در حال آسیب دیدن می‌باشند انجام نگرفته است و در صورتی که منبع آب شربی از استاندارد خارج شود آن چاه غیرقابل برداشت اعلام می‌شود. بدین ترتیب اگر عوامل آلوده کننده منابع آبی در منطقه شناسایی نشوند در سال‌های آینده شاهد از رده خارج شدن تعداد زیادی از چاه‌های آب شرب خواهیم بود. از طرفی بالا بودن سطح آب زیرزمینی در منطقه، پوشیده شدن بخش زیادی از دشت تجن توسط اراضی کشاورزی و باغات و تراکم بالای جمعیت در محدوده مطالعاتی لزوم انجام بررسی‌های کیفیت آب را در منطقه بیشتر می‌نماید. هدف این تحقیق بررسی اثرات عوامل مختلف بر کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت تجن و شناسایی مهم‌ترین عوامل و همچنین ارائه مدل‌های پیش‌بینی کیفیت بر اساس تحلیل همبستگی و مدل‌سازی رگرسیون چندمتغیره می‌باشد، بدین ترتیب مهم‌ترین عوامل آلوده کننده کیفیت آب زیرزمینی منطقه بر اساس روابط ارائه شده شناسایی شدند. تحقیق حاضر در دشت تجن واقع در شرق استان مازندران انجام پذیرفته است. شهرستان ساری با جمعیتی حدود ۵۰۰ هزار نفر در این دشت قرار گرفته است. جهت بیان اهمیت منابع آب زیرزمینی در منطقه مطالعاتی قابل اشاره می‌باشد که در همه کشورهای حاشیه دریای مازندران مهم‌ترین منبع تأمین آب شرب آب زیرزمینی است، که استان‌های شمالی ایران نیز از این قاعده مثتثنی نیستند (مهردادی و همکاران، ۲۰۰۷) به‌طوری که در حال حاضر ۴۰ درصد آب مورد نیاز کشاورزی و بیش از ۹۵ درصد از نیازهای شرب، بهداشت و صنعت اعم از مناطق شهری و روستایی در استان مازندران از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. لذا همواره با مسائلی نظیر اضافه برداشت از آبخوان‌ها و آلودگی آب‌های زیرزمینی مواجه هستیم (نوربخش، ۱۳۹۴).

مواد و روش‌ها

شناخت منطقه مطالعاتی

منطقه مطالعاتی این تحقیق دشت تجن بوده که مساحتی حدود ۶۳۱ کیلومترمربع در زون البرز شمالی در شرق استان مازندران واقع شده است (مشاری و همکاران، ۲۰۱۲). دریای خزر شامل هفت حوزه آبخیز می‌باشد (وفاخواه و همکاران، ۱۳۹۴) که یکی از آن‌ها حوضه ساری- نکا است که دشت تجن و شهر ساری در این محدوده قرار دارد. رودخانه دائمی تجن به طول ۱۷۰ کیلومتر که به دریای مازندران می‌ریزد از این حوضه می‌گذرد (یوسفی و همکاران، ۲۰۱۳)، حوضه رودخانه تجن یک حوضه عمدتاً آهکی است. دشت تجن بین عرض‌های شمالی ۳۹۷۹۲۳۳ و ۴۰۷۶۷۱۲ (UTM) و همچنین طول‌های شرقی ۶۷۳۶۵۶ و ۷۰۵۰۰۴ (UTM) واقع شده است شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد. از آنجائی که هدف این مطالعه بررسی کیفیت آب شرب در منطقه بوده لذا چاه‌های آب شرب موجود در دشت تجن مورد ارزیابی قرار گرفتند. سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده پیشنهاد داده است که حداقل ۳۰ نقطه نمونه‌برداری باید برای مطالعات آب‌های زیرزمینی در نظر گرفته شود (فرانک، ۱۹۹۷)، در این تحقیق ۶۵ حلقه چاه شرب موجود در منطقه به‌عنوان نقاط نمونه‌برداری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی دشت تجن در استان مازندران و ایران

انتخاب پارامترهای کیفی شاخص در منطقه

در این تحقیق به‌منظور رتبه‌بندی، اولویت‌بندی و در نهایت انتخاب مهم‌ترین پارامترهای کیفیت آب در دشت تجن از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP[1]) استفاده شد. از آنجائی که اساس قضاوت‌ها در روش AHP نظر کارشناسان است، لذا یک گروه کارشناسی ۳۰ نفره گرداوری شد، شامل افرادی که با ویژگی‌های حوضه تجن آشنایی داشته و در مسائل مربوط به کیفیت آب از خبرگی کافی برخوردار بودند. طبق امتیازدهی‌های این گروه خبرگان، ۶ پارامتر به‌عنوان شاخص کیفیت آب زیرزمینی در دشت تجن انتخاب شد شامل سولفات، یون آهن، نیترات، هدایت الکتریکی (EC)، کلسیم، جامدات کل (TDS) و کلرور. لازم به ذکر است که کلیه تجزیه و تحلیل‌های این مرحله در نرم‌افزار Expert choice 11 انجام گرفت (نوربخش و همکاران، ۲۰۱۵).

تعیین عوامل اثرگذار بر کیفیت آب

در این مرحله با بررسی ویژگی‌های مختلف منطقه و مطالعات مشابه، ۷ متغیر مقیاس دار[2] که قابلیت مدله شدن و تجزیه و تحلیل کمی را داشتند به‌عنوان متغیرهای مستقل تحقیق انتخاب شدند که شامل متغیرهای جمعیت (نفر) – منظور جمعیت بالادست چاه‌ها تا شعاع ۱ کیلومتر می‌باشد (غلامی، ۱۳۹۲)، عمق سطح ایستابی سفره آب زیرزمینی (متر)، دبی یا میزان آبدهی چاه‌های نمونه‌برداری (مترمکعب بر ثانیه)، قابلیت انتقال تشکیلات آبخوان (مترمربع بر روز)، فاصله از خروجی حوضه منظور فاصله از دریای مازندران (کیلومتر)، فاصله از منطقه متراکم شهری (کیلومتر) و فاصله از گسل‌های اصلی (کیلومتر) می‌باشند. داده‌های مربوط به عوامل فوق از طریق تجزیه و تحلیل نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای منطقه در محیط Arc GIS 9.3 استخراج شدند.

تعیین شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GWQI[3])

یکی از روش‌های ارزیابی شناخته شده و مورد استفاده در تحقیقات کیفی منابع آب زیرزمینی تعیین شاخص GWQIاست (گومادی و همکاران، ۲۰۱۴. روپال و همکاران، ۲۰۱۲). در این تحقیق مقادیر GWQI برای هر چاه بر اساس رابطه ۱ محاسبه شد و به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد (نوربخش و همکاران، ۲۰۱۵). شاخص کیفیت آب زیرزمینی در منطقه به روش کریجینگ در نرم‌افزار Arc GIS درون‌یابی و پهنه‌بندی شد و پس از ریکلاس نمودن، کیفیت آب زیرزمینی دشت تجن به چهار کلاس طبقه‌بندی شد.

[1] Analytical Hierarchy Process
[2] Scale Variables
[3] Ground Water Quality Index

$$GWQI = \sum_{i=1}^{n} Wi \frac{Ci}{Csi}$$ [رابطه ۱]

- GWQ شاخص کیفیت آب زیرزمینی
- i شمارشگر پارامترهای مورد استفاده
- W_i وزن نسبی هر پارامتر
- C_i غلظت پارامتر
- Csi غلظت استاندارد هر پارامتر در استاندارد ملی آب شرب ایران

لازم به ذکر است که وزن نسبی پارامترها از روش AHPمحاسبه شد و غلظت پارامترها از میانگین مقادیر فصلی هر پارامتر در هر چاه طی دوره زمانی۱۳۸۲ الی ۱۳۹۲ به دست آمدند (جباریان و همکاران، ۲۰۱۲).

ساختن پایگاه داده مدل‌سازی تحقیق

پس از اینکه داده مربوط به پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی (متغیرهای وابسته) و عوامل تأثیرگذار بر کیفیت (متغیرهای مستقل) استخراج و گردآوری شدند، یک پایگاه داده به‌عنوان خروجی این فاز تحقیق ایجاد شد. این پایگاه داده به‌صورت یک جدول می‌باشد که محتوی داده‌های مربوط به ۶۵ چاه مطالعاتی دشت تجن است. این پایگاه داده که خروجی فازهای اول تحقیق است در واقع ورودی فاز بعدی تحقیق یعنی مدل‌سازی می‌باشد.

تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی ارتباط بین متغیرهای وابسته و متغیرهای مستقل

پس از استخراج داده‌های مربوط به متغیرهای وابسته و متغیرهای مستقل، به‌منظور بررسی اثرات عوامل مختلف محیطی بر کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت تجن از تحلیل همبستگی پیرسون و تحلیل رگرسیون چند متغیره استفاده شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌ها در نرم‌افزار SPSS ورژن ۱۹ انجام پذیرفتند. از آنجائی که هم متغیرهای مستقل و هم متغیرهای وابسته از نوع نسبتی و پیوسته بودند از همبستگی پیرسون استفاده شد (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳). رگرسیون یا معادله خط برگشت، یکی از پرکاربردترین روش‌های آماری است که برای سنجش و ارائه مدل ارتباط یک متغیر با یک یا چند متغیر دیگر به کار می‌رود (ری بد، ۱۳۸۸). در این مطالعه هدف آن است که مدل‌های ساده‌ای تشکیل شود که به‌خوبی بتوان مقادیر شاخص کیفیت آب زیرزمینی را در منطقه پیش‌بینی نمود، بنابراین به‌منظور یافتن روابط بین متغیرهای وابسته و متغیرهای مستقل از مدل رگرسیون چند متغیره خطی استفاده شد. در این تحقیق هم از روش گام به گام برای پیش‌بینی پارامترهای کیفی استفاده شد و هم از روش اینتر. روش گام به گام پرکاربردترین روش انتخاب مدل رگرسیونی است (جباریان و ناکانه، ۲۰۰۹) در این روش، متغیرهای مستقلی که بیشترین تأثیر را بر متغیر وابسته دارند در مدل دخیل می‌شوند. از طرفی مزیت روش اینتر در این است که همه متغیرهای مستقل حتی با کوچک‌ترین ضریب تأثیر در مدل باقی می‌مانند.

اعتبارسنجی مدل‌ها

در رابطه با تحلیل‌های همبستگی اگر سطح معنی‌داری مشاهده شده کوچک‌تر از سطح خطا باشد می‌توان آن تحلیل همبستگی را پذیرفت، سطح خطا در این تحقیق ۵٪ (سطح اطمینان ۹۵٪) در نظر گرفته شده است. به‌منظور اعتبارسنجی مدل‌های رگرسیونی ارائه شده در تحقیق، چهار فرض مورد آزمون قرار گرفت.

۱- فرض استقلال باقی‌مانده‌ها: در صورتی که فرضیه استقلال خطاها رد شود و خطاها با یکدیگر همبستگی داشته باشند امکان استفاده از رگرسیون وجود ندارد. به‌منظور بررسی این فرض از آزمون دوربین واتسون استفاده شد (آذرخشی و همکاران، ۱۳۹۵).

۲- فرض نرمال بودن باقی‌مانده‌ها: یکی از روش‌های بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف است که در این تحقیق توسط نرم‌افزار SPSS این آزمون انجام شد. در این روش اگر میزان Sig بزرگ‌تر و یا مساوی سطح خطا باشد نتیجه می‌گیریم که توزیع باقی‌مانده‌ها یکنواخت و نرمال است (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳).

۳- فرض صفر بودن میانگین باقی‌مانده‌ها: بررسی شود که آیا میانگین خطاها صفر است یا خیر، در این تحقیق برای بررسی این فرض نیز از آزمون کولموگروف اسمیرنوف استفاده شد.

۴- فرض ثابت بودن واریانس باقی‌مانده‌ها: این فرض از طریق رسم نمودار پراکنش باقی‌مانده‌های مدل بر روی مقادیر برآورد شده بررسی شد. اگر باقی‌مانده‌ها از الگوی خاصی تبعیت نکنند و شکل نمودار نیز به‌صورت قیفی نباشد، نشان دهنده تصادفی بودن باقی‌مانده‌ها و ثابت بودن واریانس آن‌ها است.

بحث و نتایج

پس از انجام عملیات رتبه‌بندی و اولویت‌بندی پارامترهای کیفی در دشت تجن به روش AHP، ۷ پارامتر مهم شاخص کیفیت آب زیرزمینی منطقه شامل سولفات، یون آهن، نیترات، EC، کلسیم، TDS و کلرور انتخاب شدند به‌منظور محاسبه وزن مشارکت هر کدام از ۷ پارامتر در شاخص GWQI، وزن‌های نهایی به دست آمده برای پارامترها از طریق روش AHP نرمال شدند و وزن‌های نرمال شده هر پارامتر به‌عنوان وزن مشارکت آن پارامتر در شاخص در نظر گرفته شدند، وزن پارامترها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- وزن مشارکت پارامترها در تعیین شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GWQI) در دشت تجن.

پارامترها	وزن به دست آمده از روش AHP	وزن نرمال شده (وزن مشارکت)
سولفات	۰/۱۱۵	۰/۱۹۰۷۱۳
آهن	۰/۱۰۹	۰/۱۸۰۷۶۳
نیترات	۰/۰۹۳	۰/۱۵۴۲۲۹
EC	۰/۰۹۲	۰/۱۵۲۵۷
کلسیم	۰/۰۷	۰/۱۱۶۰۸۶
TDS	۰/۰۶۲	۰/۱۰۲۸۱۹
کلراید	۰/۰۶۲	۰/۱۰۲۸۱۹
مجموع	۰/۶۰۳	۱

پس از محاسبه وزن مشارکت و بررسی حد مجاز هر یک از پارامترها در استاندارد ملی آب شرب ایران (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی، ۱۳۷۵)، شاخص GWQI برای ۶۵ چاه آب شرب مطالعاتی در دشت تجن بر اساس رابطه ۱ محاسبه گردید.

پایگاه داده مدل‌سازی تحقیق شامل شاخص کیفیت زیرزمینی در هر چاه و همچنین داده‌های مربوط به متغیرهای مستقل می‌باشد. جدول ۲ پایگاه داده اطلاعات مربوط به مدل‌سازی کیفی منابع آب زیرزمینی دشت تجن را نشان می‌دهد.

جدول ۲- پایگاه داده مربوط به مدل‌سازی کیفی منابع آب زیرزمینی دشت تجن.

شماره چاه	جمعیت (نفر)	عمق سطح ایستابی (متر)	دبی (متر مکعب بر ثانیه)	قابلیت انتقال (متر مربع بر روز)	فاصله از دریا (کیلومتر)	فاصله از منطقه شهری (کیلومتر)	فاصله از گسل (کیلومتر)	GWQI	شماره چاه	جمعیت (نفر)	عمق سطح ایستابی (متر)	دبی (متر مکعب بر ثانیه)	قابلیت انتقال (متر مربع بر روز)	فاصله از دریا (کیلومتر)	فاصله از منطقه شهری (کیلومتر)	فاصله از گسل (کیلومتر)	GWQI
۱	۳۵۰۶	۱۲/۵	۲۵	۳۰۰	۳۸/۲	۷	۸/۸	۰/۲۲۷	۳۴	۴۷۸۰	۲/۵	۴۳	۲۰۰۰	۲۸/۶	۰	۱/۴	۰/۲۷۳
۲	۱۰۹۱	۱۷/۵	۱۲	۲۰۰۰	۳۱/۴	۱/۵	۳/۶	۰/۲۰۲	۳۵	۱۴۷۴۰	۷/۵	۳۲	۲۰۰۰	۲۶	۰	۲/۸	۰/۳۶۹
۳	۹۰۷	۱۲/۵	۱۵	۲۰۰۰	۳۸	۶	۸/۴	۰/۲۰۵	۳۶	۱۱۲۰۵	۲/۵	۸۵	۲۰۰۰	۲۸/۳	۰	۰/۴۱	۰/۳۵۲
۴	۱۱۹۱	۱۲/۵	۴	۲۰۰۰	۳۶/۲	۵/۵	۷/۵	۰/۲۱۳	۳۷	۷۶۸۰	۲/۵	۳۰	۲۰۰۰	۲۹/۵	۰	۰/۳۵	۰/۲۹۱
۵	۴۰۲	۱۲/۵	۱۸	۲۰۰۰	۳۷	۴/۵	۶/۸	۰/۲۱۵	۳۸	۶۵۸۰	۲/۵	۴۴	۲۰۰۰	۲۸/۲	۰	۰/۲	۰/۲۹۱
۶	۵۷۳	۷/۵	۷	۳۰۰	۳۵	۳/۵	۵/۲	۰/۲۶۷	۳۹	۳۵۶۸	۱۲/۵	۵۰	۲۰۰۰	۳۵	۳/۵	۵/۷	۰/۳۷۳
۷	۱۷۵۳	۱۲/۵	۱۰	۲۰۰۰	۳۶/۵	۴/۵	۶/۴	۰/۲۳۲	۴۰	۸۳۰۰	۲/۵	۷۰	۲۰۰۰	۲۸/۵	۰	۰/۸۵	۰/۲۷۳
۸	۴۵۸۰	۱۷/۵	۲۷	۲۰۰۰	۳۱/۶	۱/۲	۳	۰/۲۲۲	۴۱	۱۸۶۳۵	۷/۵	۵۵	۲۰۰۰	۲۵/۶	۰	۲/۹	۰/۳۷۳
۹	۱۸۲۴	۷/۵	۱۵	۱۰۰	۳۳/۲	۲	۲/۲	۰/۲۲	۴۲	۶۷۰۰	۷/۵	۷۰	۲۰۰۰	۲۸	۰/۳	۰/۵۷	۰/۲۷۷
۱۰	۱۹۳۲	۷/۵	۸	۱۰۰	۳۲	۹	۲/۲	۰/۲۵۲	۴۳	۸۳۲۰	۲/۵	۵۰	۲۰۰۰	۲۶	۰	۲/۸	۰/۲۷۵
۱۱	۷۵۴	۷/۵	۴	۲۰۰۰	۳۳	۶	۱/۸	۰/۱۸	۴۴	۱۰۳۶۰	۷/۵	۳۵	۲۰۰۰	۲۶/۷	۱	۲/۳	۰/۳۱۵
۱۲	۱۹۰۴	۷/۵	۱۰	۷۵	۳۰	۱/۵	۰/۶	۰/۲۲۹	۴۵	۱۵۹۷۰	۲/۵	۳۲	۲۰۰۰	۲۵	۰	۴/۸	۰/۳۵۶
۱۳	۹۵	۲/۵	۱۵	۱۵۰۰	۲۴	۲/۵	۵/۸	۰/۲۵	۴۶	۲۴۴۰	۷/۵	۳۰	۲۰۰۰	۳۶	۳	۵/۳	۰/۲۷۹
۱۴	۱۰۴۵	۲/۵	۱۲	۲۰۰۰	۲۳/۳	۱	۵/۴	۰/۲۵۶	۴۷	۲۳۱۵	۱۲/۵	۹۰	۲۰۰۰	۳۷	۳/۵	۵/۷	۰/۲۸۱
۱۵	۱۰۹۹	۷/۵	۳۵	۲۰۰۰	۲۵	۳	۴/۴	۰/۲۵۸	۴۸	۱۹۸۰	۱۲/۵	۸۰	۲۰۰۰	۳۸	۴	۶/۲	۰/۲۶۲
۱۶	۳۰۴	۷/۵	۷	۲۰۰۰	۲۲	۲	۶/۲	۰/۳۹	۴۹	۱۰۳۲۰	۲/۵	۴۱	۲۰۰۰	۲۹/۵	۰	۰/۷۷	۰/۴۸۴
۱۷	۱۴۶۴	۷/۵	۳۰	۲۰۰۰	۲۲/۸	۳/۷	۵/۴	۰/۳۲۶	۵۰	۶۴۲	۷/۵	۶	۱۰۰	۰/۷	۲۲	۲۷	۰/۱۳۶
۱۸	۵۶۳	۲/۵	۴	۷۵۰	۲۰/۷	۳/۵	۷/۵	۰/۳۳۵	۵۱	۳۰۲	۱۲/۵	۴	۱۰۰	۰/۶	۲۴	۲۸/۳	۰/۱۴۶
۱۹	۷۰۶	۲/۵	۳۰	۲۰۰۰	۲۱/۵	۱	۶/۳	۰/۲۲۷	۵۲	۷۳۱	۲/۵	۴	۷۵۰	۲۳	۴	۷	۰/۱۹۲
۲۰	۶۲۸	۷/۵	۲۰	۲۰۰۰	۲۲/۵	۳/۴	۶/۶	۰/۳۸۱	۵۳	۶۳۰	۷/۵	۶	۲۰۰۰	۳۰	۴	۱/۴	۰/۲۱۵
۲۱	۳۶۹	۷/۵	۶	۲۰۰۰	۲۰/۵	۲/۵	۷/۳	۰/۲۳۸	۵۴	۳۷۳۵	۷/۵	۱۲	۲۰۰۰	۲۷/۵	۰	۲/۵	۰/۲۷۷
۲۲	۳۶۸	۲/۵	۱۲	۲۰۰۰	۲۰	۳	۷/۵	۰/۲۲۶	۵۵	۱۶۶۸	۷/۵	۹	۱۷۵	۷/۵	۶	۲۰/۲	۰/۲۴۳
۲۳	۴۳۲	۲/۵	۴۰	۲۰۰۰	۲۱	۴	۷/۲	۰/۲۹۵	۵۶	۶۲۲	۷/۵	۱۰	۱۷۵	۱۰/۸	۱۲	۱۸/۵	۰/۱۹۵
۲۴	۴۱۲	۷/۵	۲۵	۲۰۰۰	۱۹	۲	۷/۸	۰/۲۸۳	۵۷	۹۴۶	۷/۵	۸	۱۷۵	۱۰/۶	۱۵	۱۹/۳	۰/۱۷۹
۲۵	۹۱	۷/۵	۷	۲۰۰۰	۱۹	۳	۸/۳	۰/۲۳۴	۵۸	۴۰۲	۷/۵	۹	۱۷۵	۱۰	۱۱	۱۸/۱	۰/۱۸۹
۲۶	۷۱۲	۲/۵	۲۵	۲۰۰۰	۲۱	۵	۸/۴	۰/۲۰۴	۵۹	۳۰۱	۱۲/۵	۵	۲۰۰۰	۳۱/۵	۱	۲/۱	۰/۱۹۲
۲۷	۶۰۴	۲/۵	۱۶	۲۰۰۰	۲۰/۵	۸	۹/۸	۰/۲۱۹	۶۰	۵۴۲	۲/۵	۱۶	۷۵۰	۱۹	۶/۳	۱۰	۰/۲۰۱
۲۸	۳۸۰	۲/۵	۲۰	۲۰۰۰	۱۸/۸	۱۰	۱۱/۵	۰/۲۰۱	۶۱	۱۸۵	۲/۵	۱۷	۷۵۰	۱۸	۳	۱۰	۰/۲۴۵
۲۹	۲۳۵	۲/۵	۱۶	۲۰۰۰	۱۷	۷	۱۲/۵	۰/۲۸۸	۶۲	۴۱۸	۷/۵	۱۵	۷۵۰	۱۵/۳	۶	۱۲/۷	۰/۲۲۹
۳۰	۱۴۶۸	۷/۵	۸	۱۰۰	۴/۵	۱۵	۲۵	۰/۲۵۳	۶۳	۳۲۰	۷/۵	۷	۷۵۰	۱۵/۶	۱۰	۱۴/۲	۰/۲۶۷
۳۱	۱۰۶۴۵	۲/۵	۳۰	۲۰۰۰	۲۷/۳۲	۰	۱/۲	۰/۳۳۴	۶۴	۸۹۷	۷/۵	۶	۱۰۰	۲/۲۳	۱۰	۲۵/۷	۰/۲۲۵
۳۲	۱۰۵۵۰	۲/۵	۶۰	۲۰۰۰	۲۷	۰	۱/۵	۰/۳۹۶	۶۵	۳۴۰	۱۲,۵	۷	۱۰۰	۱,۷	۲۱	۲۷,۸	۰/۱۷۱
۳۳	۶۸۹۰	۲/۵	۶۰	۲۰۰۰	۲۸/۸	۰/۳	۰/۶۵	۰/۲۸۷									

از خروجی فاز اول تحقیق که جدول پایگاه داده می‌باشد به‌عنوان ورودی فاز دوم یعنی بررسی و مدل‌سازی کیفیت آب زیرزمینی دشت تجن استفاده شد. این پایگاه داده به‌طور مستقیم وارد نرم‌افزار SPSS ورژن ۱۹ گردید و فرایندهای مربوط به مدل‌سازی بر روی آن انجام پذیرفت.

تحلیل همبستگی پیرسون

نتایج حاصل از تحلیل همبستگی بین شاخص‌های کیفی تحقیق (پارامترهای کیفی و شاخص GWQI) و متغیرهای مستقل مقیاس‌دار در قالب ماتریس همبستگی پیرسون در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- ماتریس همبستگی پیرسون بین متغیرهای مستقل مقیاس‌دار و متغیرهای وابسته تحقیق.

متغیرهای مستقل / متغیرهای وابسته	GWQI	سولفات	آهن	نیترات	EC	کلسیم	TDS	کلرور
جمعیت (نفر)	۰/۶۳۲	۰/۶۵۳	-۰/۳۲	-۰/۷۴	-۰/۷۳۳	۰/۴۸۵	۰/۷۲۴	۰/۴۴۱
عمق سطح ایستابی(متر)	-۰/۳	-۰/۲۱۱	-۰/۰۳۸	-۰/۲۰۳	-۰/۲۷۸	-۰/۰۱	-۰/۲۸۴	-۰/۲۸۲
دبی (مترمکعب بر ثانیه)	۰/۴۹۹	۰/۷۲	-۰/۲۴۹	۰/۵۰۴	۰/۵۷۳	۰/۳۰۸	۰/۵۷	۰/۲۶۵
ضریب آبگذری (مترمربع بر روز)	۰/۴۳۲	۰/۴۰۹	۰/۱۱۸	۰/۳۴۲	۰/۲۹۵	۰/۲۱۸	۰/۲۹۵	۰/۱۶۵
فاصله از خروجی حوضه (کیلومتر)	۰/۲۹۲	۰/۳۶۵	-۰/۱۲۹	۰/۲۵۳	۰/۳۲۶	۰/۴۸۲	۰/۳۰۶	۰/۰۶۵
فاصله از شهر(کیلومتر)	-۰/۵۸	-۰/۵۷۸	۰/۰۷۲	-۰/۵۲۸	-۰/۵۰۹	-۰/۵۳۹	-۰/۴۹۹	-۰/۳۳۲
فاصله از گسل(کیلومتر)	-۰/۴۹۳	-۰/۴۸۵	۰۹/۰۸۱	-۰/۴۴۷	-۰/۴۷	-۰/۴۹۱	-۰/۴۴۵	-۰/۲۴۴

-در خانه‌هایی که با رنگ طوسی تیره‌تر مشخص شده‌اند ضریب همبستگی در سطح خطای ۰,۰۱ (سطح اطمینان ۹۹٪) معنی‌دار است

- در خانه‌هایی که با رنگ طوسی روشن‌تر مشخص شده‌اند ضریب همبستگی در سطح خطای ۰,۰۵ (سطح اطمینان ۹۵٪) معنی‌دار است

- در خانه‌هایی که به رنگ سفید هستند ضریب همبستگی معنی‌دار نیست

همان‌طور که در ماتریس همبستگی مشاهده می‌گردد، با توجه به میزان ضریب همبستگی بین GWQI با هر ۷ متغیر پارامتر مستقل در سطح خطای ۰/۰۱ (سطح اطمینان ۹۹٪) به جز عمق سطح ایستابی و فاصله از خروجی حوضه رابطه معنی‌داری بین سایر متغیرهای مستقل با شاخص کیفیت آب وجود دارد، و در سطح خطای ۰/۰۵ (سطح اطمینان ۹۵٪) ارتباط با همه فاکتورها معنی‌دار است. میزان ضریب همبستگی در واقع میزان تأثیر عامل بر شاخص کیفیت آب می‌باشد. با توجه به ماتریس بیش‌ترین عاملی که با شاخص GWQI همبستگی دارد، متغیر جمعیت می‌باشد با ضریب ۰/۶۳ و کمترین میزان مربوط به فاصله از خروجی حوضه با ضریب ۰/۲۹- می‌باشد. همچنین شاخص کیفیت آب با ۳ متغیر رابطه معنی‌دار منفی دارد که این متغیرها شامل عمق سطح ایستابی سفره، فاصله از شهر و فاصله از گسل بودند. به این معنی که هر چه عمق کمتر باشد امکان آلوده شدن چاه‌ها بیشتر است و همچنین هر چقدر چاه‌ها به مناطق مسکونی شهری و همچنین گسل نزدیک‌تر هستند میزان شاخص آلودگی آب در آن‌ها بالاتر است یعنی چاه‌ها پتانسیل آلودگی بالاتری دارند.

مدل‌سازی کیفیت آب با استفاده از رگرسیون چند متغیره

به‌منظور ارائه مدل رگرسیونی پیش‌بینی شاخص کیفیت آب زیرزمینی در دشت تجن متغیرهای مستقل وارد فرایند مدل‌سازی در نرم‌افزار SPSS شدند و نتایج زیر حاصل شدند.

مدل برآورد شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GWQI) با استفاده از روش گام به گام

در مدل‌سازی رگرسیونی به روش گام به گام همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود دو مدل برای شاخص کیفیت آب زیرزمینی در دشت تجن ارائه گردید، بر اساس این ماتریس مقدار R که همان همبستگی است در مدل شماره ۲ بالاتر از مدل شماره ۱ است یعنی مدل ۲ مناسب‌تر می‌باشد. میزان همبستگی ۰/۷۱۱ محاسبه شده است که نشان دهنده ارتباط خطی نسبتاً زیاد بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل موجود در مدل (جمعیت- فاصله از منطقه شهری) می‌باشد. همچنین

مقدار R Square(ضریب تعیین) در این مدل ۰/۵۰۷ می‌باشد، یعنی بیش از ۵۰٪ از تغییرات متغیر وابسته (GWQI) توسط مدل برآوردی پیش‌بینی می‌شود. این عدد نشان می‌دهد که مدل ارائه شده نسبتاً مناسب است.

جدول ۴- خلاصه وضعیت مدل GWQI در روش گام به گام.

مدل	R	R Square	R Square اصلاح شده	خطای استاندارد تخمین‌ها	آماره دوربین واتسون
۱	۰/۶۳۲[a]	۰/۳۹۹	۰/۳۸۹	۰/۰۵۲۱۸۱	
۲	۰/۷۱۱ [b]	۰/۵۰۶	۰/۴۹	۰/۰۴۷۶۷۵	۱/۶۹

a پیش‌بینی کننده‌ها: (ضریب ثابت)، جمعیت

b پیش‌بینی کننده‌ها: (ضریب ثابت)، جمعیت، فاصله از محدوده شهری

c متغیر وابسته: شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GWQI)

ضرایب مربوط به مدل برآوردی مربوط به شاخص GWQI به روش گام به گام در جدول ۵ ارائه گردیده است. همان‌گونه که در جدول مشاهده می‌شود مدل نهایی با ضریب ثابت و دو متغیر جمعیت و فاصله از منطقه شهری بهترین مدل برای برآورد شاخص کیفیت آب زیرزمینی به روش گام به گام می‌باشد، رابطه ۲ مدل رگرسیونی شاخص کیفیت آب زیرزمینی را نشان می‌دهد.

جدول ۵- وضعیت معنی‌داری ضریب پارامترهای مدل رگرسیونی GWQI در روش گام به گام.

Model	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	T	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(ضریب ثابت)	۰/۲۶	۰/۰۱۱		۲۳/۸۰۹	۰
جمعیت	۷/۱۴۹ E^{-6}	۰	۰/۴۶۳	۴/۶۱۱	۰
فاصله از منطقه شهری	-۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	-۰/۳۶۸	-۳/۶۷۱	۰/۰۰۱
متغیر وابسته: شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GWQI)					

[رابطه ۲] GWQI= ۰/۲۶ + ۰/۰۰۰۰۰۷۱۴۹ جمعیت – ۰/۰۰۵ فاصله از محدوده شهری

با استفاده از روش گام به گام مدل رگرسیونی ساده‌ای پیشنهاد شد که بر اساس آن می‌توان با داده‌های اندک تا حد زیادی کیفیت آب زیرزمینی دشت تجن را پیش‌بینی نمود.

مدل برآورد شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GWQI) با استفاده از روش اینتر:

در این تحقیق علاوه بر استفاده از روش گام به گام، از روش اینتر نیز استفاده شد تا همه متغیرهای مستقل حتی با اثرگذاری جزئی وارد مدل شوند. جدول ۶ خلاصه وضعیت مدل ارائه شده به روش اینتر را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان همبستگی یا R برابر با ۰/۷۳ است که نشان دهنده ارتباط خطی نسبتاً زیاد بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل موجود در مدل می‌باشد. همچنین مقدار ضریب تعیین در این مدل ۰/۵۳۶ می‌باشد، یعنی بیش از ۵۳٪ از تغییرات متغیر وابسته (GWQI) توسط مدل برآوردی پیش‌بینی می‌شود که این اعداد نشان دهنده آن است که مدل ارائه شده در تحقیق حاضر مدلی مناسب است.

جدول ۶- خلاصه وضعیت مدل GWQI در روش اینتر

مدل	R	R Square	R Square اصلاح شده	خطای استاندارد تخمین‌ها	آماره دوربین واتسون
۱	۰/۷۳۵[a]	۰/۵۴۱	۰/۴۸۵	۰/۰۴۵۵۴۱	۱/۹۹

a پیش‌بینی کننده‌ها: (ضریب ثابت)، فاصله از گسل، عمق ایستابی، دبی، جمعیت، قابلیت انتقال، فاصله از شهر، فاصله از خروجی حوزه

c متغیر وابسته: شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GWQI)

جدول ۷ ضرایب مربوط به مدل برآوردی نهایی شاخص GWQIبه روش اینتر را نشان می‌دهد، این ماتریس در واقع مدل برآوردی را نشان می‌دهد و خروجی اصلی می‌باشد. رابطه ۳ مدل نهایی کیفیت آب زیرزمینی دشت تجن با ضریب ثابت و هفت متغیر مستقل می‌باشد.

جدول ۷- وضعیت معنی‌داری ضریب پارامترهای مدل رگرسیونیGWQI در روش اینتر

Model	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	T	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(ضریب ثابت)	۰/۲۵۳			۵/۱۹۶	۰/۰۰۰
جمعیت	۵/۷۶۴E^{-6}	۰/۰۴۹	۰/۳۹۳	۳/۲۹۷	۰/۰۰۲
سطح ایستابی	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	-۰/۰۸۲	-۰/۶۷۱	۰/۵۰۵
دبی	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۱۱۱	۰/۹۱۴	۰/۳۶۵
قابلیت انتقال تشکیلات آبخوان	۶/۳۳۶ E^{-6}	۰/۰۰۰	۰/۰۷۹	۰/۶۲	۰/۵۳۸
فاصله از خروجی حوزه	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-۰/۰۵۸	-۰/۲۵۶	۰/۷۹۹
فاصله از محدوده شهری	-۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	-۰/۴۸۵	-۲/۲۱۶	۰/۰۳۱
فاصله از گسل	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۱۸	۰/۵۶۲	۰/۵۷۷

متغیر وابسته: شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GWQI)

GWQI= ۰/۲۵۳۳ + ۰/۰۰۰۰۰۵۷۶۴۳۹۵ – جمعیت ۰/۰۰۱۲۹۲ + سطح ایستابی ۰/۰۰۰۳۲۲۴ + دبی ۰/۰۰۰۰۰۶۳۳۶۰۷۳ قابلیت
انتقال تشکیلات آبخوان – ۰/۰۰۰۳۸۲۵۶۹ – فاصله از خروجی حوزه ۰/۰۰۵۷۲۸۳۲ – فاصله از شهر ۰/۰۰۱۵۷۰۹ + فاصله از گسل

بر اساس ضرایب متغیرها در مدل ارائه شده به روش اینتر، تأثیرگذارترین عوامل بر کیفیت آب زیرزمینی دشت تجن قابل شناسایی می‌باشند، هر عاملی که ضریب بالاتری دارد بر کیفیت آب زیرزمینی اثر بیشتری دارد.

اعتبار سنجی مدل‌ها

مدل‌های رگرسیونی ارائه شده در این تحقیق از طریق ۴ شرط زیر مورد آزمون قرار گرفتند

شرط اول: بررسی فرض استقلال باقی‌مانده‌ها بود که بدین منظور آزمون دوربین واتسون توسط نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. اگر این آماره بین ۱/۵ تا ۲/۵ باشد یعنی مدل مطلوب است (ری بد، ۱۳۸۸). با دقت در ستون آخر جداول خلاصه وضعیت مدل‌ها (جداول ۴ و ۶) مشخص است که آماره دوربین واتسون برای مدل برآورد GWQI به روش گام به گام برابر است با ۱/۶۹و در روش اینتر۱/۹۹می‌باشد که برای هر دو مدل در محدوده قابل قبول قرار گرفته است. بنابراین شرط اول پذیرفته شد یعنی باقی‌مانده‌ها از هم مستقل هستند.

شرط دوم: بررسی فرض نرمال بودن باقی‌مانده‌ها می‌باشد که جهت بررسی این فرض آزمون کولموگروف اسمیرنوف برای باقی‌مانده‌های مدل‌ها انجام گرفت که جدول ۸ جزئیات حاصل از این آزمون را نشان می‌دهد. اگر میزان Sig باقیمانده‌ها از

سطح خطا (۰/۰۵) بیشتر باشد به این معنا است که توزیع داده‌ها نرمال می‌باشد. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود میزان Sig برای مدل گام به گام ۰/۳۷۸ و برای مدل اینتر ۰/۲۷۰ می‌باشد. بنابراین شرط دوم نیز پذیرفته شد.

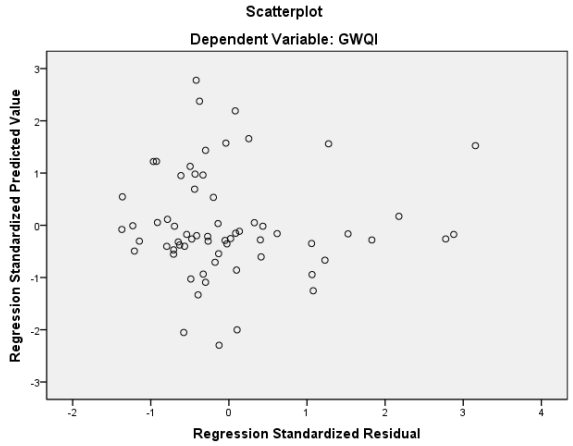
جدول ۸- آزمون کولموگروف اسمیرنوف برای شاخص GWQI در مدل‌های گام به گام و اینتر

آماره‌ها		باقی‌مانده‌های مدل در روش گام به گام	باقی‌مانده‌های مدل در روش اینتر
تعداد افراد نمونه		۶۵	۶۵
پارامترهای نرمال [a, b]	میانگین	۰	۰
	انحراف معیار	۰/۵۳	۰/۵۲
بالاترین میزان اختلافات	قطعی	۰/۱۱۳	۰/۱۲۴
	مثبت	۰/۱۱۳	۰/۱۲۴
	منفی	-۰/۰۷۶	-۰/۰۷۹
آماره کولموگروف اسمیرنوف		۰/۹۱۱	۱
Asymp. Sig. (2-tailed)		۰/۳۷۸	۰/۲۷

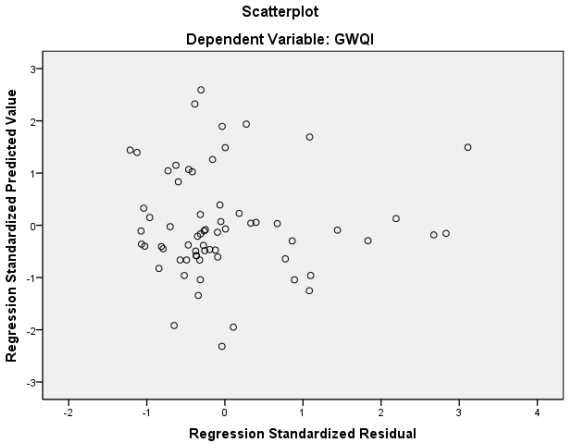
a پراکنش داده‌ها نرمال است b محاسبه شده بر اساس داده‌ها

شرط سوم: بررسی صفر بودن میانگین باقی‌مانده‌ها بود که با توجه به جدول ۸ مشاهده می‌شود که میانگین باقی‌مانده‌ها برای هر دو مدل برابر صفر است. پس شرط سوم نیز برای پذیرش مدل‌های به دست آمده صدق می‌نماید.

شرط چهارم: بررسی فرض ثابت بودن واریانس باقی‌مانده‌ها است که برای آزمودن این فرض نمودار پراکنش باقی‌مانده‌های مدل بر روی مقادیر برآورد شده از طریق مدل در شکل‌های ۲ و ۳رسم شد. همان‌طور که از شکل‌ها برمی‌آید باقی‌مانده‌ها از الگوی خاصی تبعیت نمی‌کنند که نشان دهنده تصادفی بودن آن‌هاست، شکل‌های ۲ و ۳ نیز به‌صورت قیفی شکل نیست که ثابت بودن واریانس را نشان می‌دهد. بنابراین شرط چهارم هم پذیرفته شد (ری بد، ۱۳۸۸).



شکل۲- طرح پراکنش مقادیر برآوردی GWQI از روش گام به گام بر روی باقیمانده‌های مدل



شکل۳-طرح پراکنش مقادیر برآوردی GWQI بر اساس روش اینتر بر روی باقیمانده‌های مدل

با توجه به آزمون‌های انجام شده بر روی مدل‌های رگرسیونی و پذیرفته شدن هر چهار شرط می‌توان ادعا نمود که مدل‌های ارائه شده برای شاخص کیفیت آب زیزمینی دشت تجن از اعتبار لازم برخوردار هستند.

یکی از نتایج مهمی که در انتخاب پارامترهای کیفی شاخص در منطقه به دست آمد این بود که همه پارامترها در ارزیابی‌های کیفیت آب زیرزمینی دارای اهمیت یکسانی نیستند بنابراین وزن‌های مختلفی در فرایند تحلیل سلسله مراتبی به

آن‌ها اختصاص داده شد. برای مثال در بسیاری از تحقیقات پارامترهایی نظیر سختی کل، کربنات‌ها و بی‌کربنات‌ها و کاتیون‌هایی مثل کلسیم و منیزیم مورد بررسی قرار می‌گیرند در حالی که این فاکتورها از نظر گروه خبرگان این تحقیق حائز اولویت نبودند، لذا در فرایند AHP وزن بالایی دریافت نکردند (کادراکو و همکاران، ۲۰۱۶. آواده و همکاران، ۲۰۱۶).

در مرحله پهنه‌بندی کلاس‌های کیفی بر اساس شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GWQI) به روش کریجینگ در تحقیق این نتیجه حاصل شد که تنها ۱۴٪ از مساحت منطقه دارای کلاس کیفی متوسط و ضعیف است اما بیش از ۵۰٪ چاه‌های شرب منطقه در همین مساحت کم حفر شده‌اند. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود محدوده متراکم شهری ساری دارای ضعیف‌ترین کیفیت آب زیزمینی در منطقه بوده و تا شعاع چند کیلومتر از این محدوده کیفیت آب متوسط می‌باشد و بهترین کیفیت آب مربوط به محدوده شمالی منطقه است. یکی از دلایل بالا بودن کیفیت در شمال دشت، جمعیت کم و پراکندگی روستاها نسبت به سایر مناطق دشت تجن می‌باشد. این مطالب حاکی از آن است که تعداد زیادی از چاه‌های منطقه بالأخص چاه‌های شهری در معرض آلودگی قرار دارند و باید در اولویت برنامه‌های مدیریت کیفی قرار گیرند.

بر اساس تجزیه و تحلیل همبستگی و آنالیزهای رگرسیون این نتیجه حاصل شد که از میان ۷ متغیر مستقل موجود در تحقیق، متغیر تراکم جمعیت و فاصله از منطقه شهری بیشترین اثر را بر کیفیت آب زیرزمینی دشت تجن دارد. بدین معنا که هر چاهی که در بالادست آن جمعیتی بیشتری ساکن بودند برای مثال در روستاهای پرجمعیت نسبت به روستاهای کم جمعیت، کیفیت آب زیرزمینی پایین‌تر می‌باشد. از این موضوع می‌توان این‌طور نتیجه‌گیری کرد که: به علت اینکه سیستم دفع فاضلاب در منطقه چاه‌های جذبی می‌باشد و از طرفی سطح آب زیرزمینی در منطقه نیز بالا است، بنابراین احتمال ورود مقداری فاضلاب به منابع آب زیرزمینی وجود دارد، لذا در مناطق پرجمعیت‌تر خصوصاً مناطق شهری که تعداد چاه‌های جذبی فاضلاب بیش‌تر بوده و فاصله آن‌ها از یکدیگر کمتر است، آلودگی بیشتر است.

با توجه به تحلیل همبستگی (جدول ۳) مشاهده شد که متغیر عمق سطح ایستابی با کیفیت آب زیرزمینی رابطه معکوس دارد، یعنی هر جا عمق سفره بیشتر است آلودگی کمتر می‌باشد. همچنین متغیرهای فاصله از شهر و گسل نیز رابطه معکوسی از خود نشان دادند.

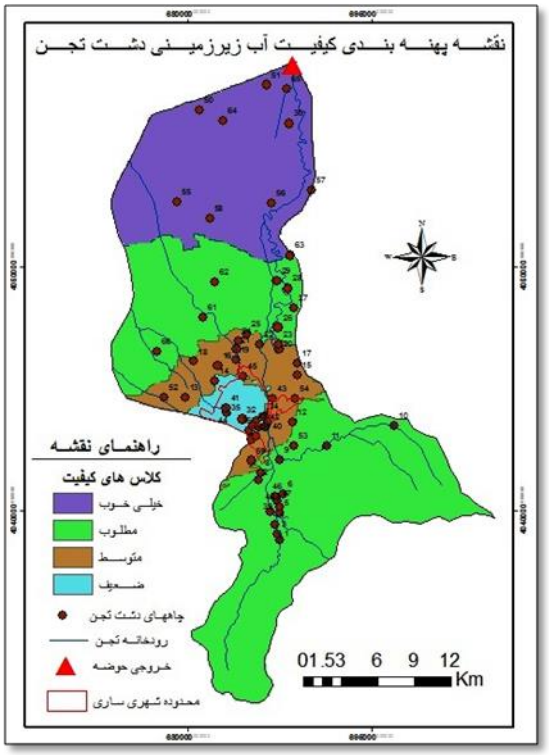
نتایج حاصل از مدل‌سازی‌های رگرسیون و تحلیل‌های همبستگی موجود در تحقیق نشان دادند که علاوه بر جمعیت و نزدیکی به منطقه شهری، متغیر ضریب آبگذری تشکیلات آبخوان از جمله متغیرهای مهم اثرگذار بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه به شمار می‌آید. بدین معنا که در هر بخشی از منطقه قابلیت انتقال تشکیلات آبخوان بالاتر بوده آلودگی چاه‌های آن منطقه نیز بیشتر است، این مسئله را می‌توان این طور توجیه نمود که در این مناطق به علت بیشتر بودن تخلخل تشکیلات آبخوان و بالاتر بودن ضریب آبگذری، احتمال ورود آلاینده‌ها به عمق بیشتر است این در حالی است که بخش زیادی از دشت تجن را کاربری کشاورزی و اراضی باغات پوشانده و به دلیل مصرف بالای سموم و کودهای شیمیایی و بالا بودن سطح سفره، احتمال ورود آلاینده‌های شیمیایی به آب‌های زیرزمینی بالاست لذا باید در حفر چاه‌های آب شرب به قابلیت انتقال تشکیلات آبخوان توجه گردد.

در تحقیقات دیگری نیز نتایج مشابه تحقیق حاضر به دست آمد، در تحقیقی که توسط تو جون در سال ۲۰۱۱ به چاپ رسید عوامل مؤثر بر کیفیت آب توسط رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی مورد بررسی قرار گرفت و این نتیجه حاصل شد که در مناطق متراکم مسکونی،کاربری شهری و مسکونی بیشترین اثر را بر کیفیت آب می‌گذارند و در مناطق کم‌جمعیت کاربری کشاورزی بیشترین تأثیر را دارد (توجون، ۲۰۱۱).

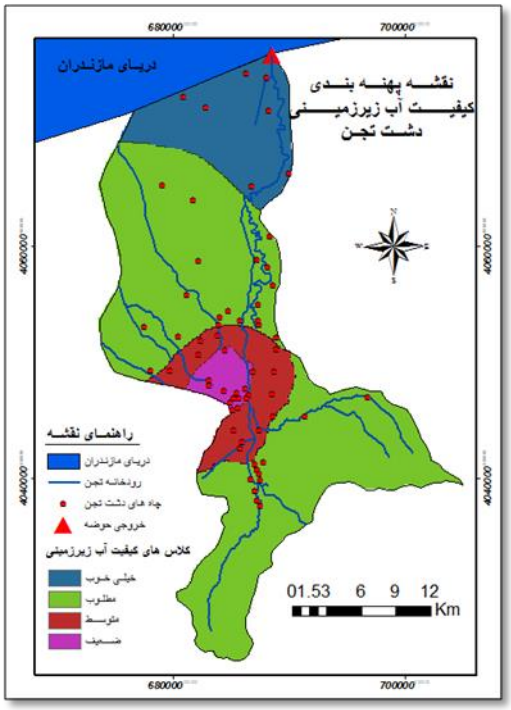
در مرحله مدل‌سازی رگرسیونی دو روش استفاده شد یکی روش مدل‌سازی گام به گام که در آن متغیرهایی که بیشترین تأثیر را بر کیفیت آب داشتند در مدل باقی ماندند، این روش به‌منظور ارائه یک مدل ساده برای پیش‌بینی کیفیت آب زیرزمینی در منطقه استفاده شد. روش دوم روش اینتر بود که همه متغیرهای مستقل حتی با درجه اهمیت خیلی کم در مدل باقی ماندند. روش اینتر به‌منظور اولویت‌بندی عوامل تأثیرگذار بر کیفیت آب بر اساس ضرایب مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس مدل اینتر مشاهده شد که عوامل ضریب آبگذری تشکیلات آبخوان، جمعیت و فاصله از منطقه شهری بالاترین ضرایب را دارند یعنی بیشترین تأثیر را بر کیفیت آب زیرزمینی

منطقه دارند، لذا جهت مدیریت کیفی باید در اولویت قرار گیرند.

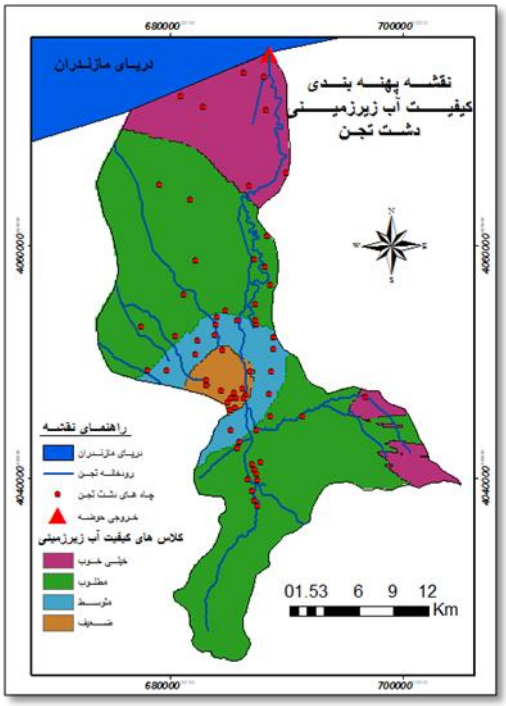
در نهایت پس از اعتبارسنجی مدل‌ها با چهار آزمون ذکر شده در بخش نتایج، جهت اطمینان بیشتر از قابلیت پیش‌بینی مدل‌ها، نقشه پراکنش کلاس‌های کیفیت برای مقادیر برآورد شده شاخص GWQI به هر دو روش (گام به گام و اینتر) تهیه گردید و در شکل‌های ۵ و ۶ نمایش داده شد. لازم به ذکر است که نقشه‌های پهنه‌بندی به روش درون‌یابی کریجینگ تهیه گردیدند، این روش توسط محققان مختلفی گزارش شده است و یک روش پذیرفته شده در تجزیه و تحلیل مکانی کیفیت آب زیرزمینی می‌باشد (صالحی و زینی وند، ۱۳۹۳. نایاکا و همکاران، ۲۰۱۵. نوربخش و همکاران، ۲۰۱۵).



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی کلاس‌های کیفیت آب زیرزمینی در دشت تجن بر اساس شاخص GWQI برآوردی از داده‌های واقعی



شکل ۵- نقشه پهنه‌بندی کلاس‌های کیفیت آب زیرزمینی در دشت تجن بر اساس شاخص GWQI برآوردی از مدل گام به گام



شکل ۶- نقشه پهنه‌بندی کلاس‌های کیفیت آب زیرزمینی در دشت تجن بر اساس شاخص GWQI برآوردی از مدل اینتر

نتیجه‌گیری

نقشه‌های پهنه‌بندی مربوط به داده‌های حاصل از مدل‌سازی با نقشه پراکنش کلاس‌های کیفیت حاصل از مقادیر واقعی GWQI مقایسه شدند. با انجام این مقایسه، مشاهده شد که چگونگی پراکنش کلاس‌های کیفی در هر سه نقشه شباهت زیادی دارد، به همین علت این نتیجه حاصل شد که مدل‌ها کارآمد بودند و مقادیر GWQI برآوردی از مدل‌ها به مقادیر واقعی خیلی نزدیک هستند، این موضوع حاکی از آن است که مدل‌های ارائه شده قدرت پیش‌بینی قابل قبولی دارند بنابراین می‌توان بیان نمود که روش رگرسیون چند متغیره خطی روش مناسبی برای پیش‌بینی کیفیت آب زیرزمینی دشت تجن بوده است. تمرکز تحقیق حاضر بر مدیریت کیفیت منابع آب زیرزمینی می‌باشد، اما به علت بحران‌های آب که در سال‌های اخیر ایجاد شده و حتی استان‌های پرآب شمالی را نیز تحت شعاع قرار داده است، به محققان دیگر پیشنهاد می‌شود که مدل‌ها و الگوهای جامعی در رابطه با مدیریت کمیت آب در منطقه ارائه دهند. در تحقیق حاضر اثرات هفت متغیر مستقل بر کیفیت آب منطقه مورد تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی قرار گرفتند، پیشنهاد می‌شود که محققان دیگری بر روی متغیرهای جدیدی مطالعه انجام دهند و عوامل دیگری نظیر اثرات لایه‌های زیرین زمین‌شناسی بر اساس لوگ حفاری چاه‌ها بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد بررسی قرار گیرد. به علت شباهت نسبی برخی ویژگی‌های دشت تجن به سایر دشت‌های استان‌های شمالی، روش تحقیق و نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند الگویی برای مطالعات در دشت‌های دیگر باشد.

منابع و مأخذ

اصغری مقدم، الف. آدی گوزل پور، ع.، ۱۳۹۵. بررسی غلظت آلومینیوم، آهن، منگنز، کروم و کادمیوم در آب زیرزمینی دشت اشنویه. اکوهیدرولوژی، دوره ۳، شماره ۲: ۱۶۷- ۱۷۹.

آذرخشی، م. سعادت مند، ج. اسلامی، ع.، ۱۳۹۵. رابطهٔ ویژگی‌های فیزیکی حوضه‌های آبخیز و دبی‌های حداقل با دوره‌های برگشت متفاوت (بررسی موردی: حوضهٔ آبخیز کشف رود). اکوهیدرولوژی، دوره ۳، شماره ۲: ۲۶۷- ۲۷۷.

حاجی نژاد، الف. ثروتی، پوریا. یوسفی، ح.، ۱۳۹۴. بررسی تأثیر شیرابه‌های مرکز دفن زباله بر کیفیت آب‌های زیرزمینی شهرستان بجنورد با رویکرد طراحی محل دفن استاندارد و یا جایگزینی هاضم بی‌هوازی. اکوهیدرولوژی، دوره ۲، شماره ۳: ۳۰۱- ۳۱۰.

حبیبی، آرش. ایزدیار، صدیقه، سرافرازی، اعظم.، ۱۳۹۳. تصمیم‌گیری چند معیاره فازی. رشت: کتیبه گیل. ص ۲۳.

ری بد، آرمان. ۱۳۸۸. آموزش گام به گام SPSS17. تهران: نشر طاهریان. ص ۲۱۵.

شیروانی، ت. شیروانی، الف. بوچانی، م. عارف، ف.، ۱۳۹۴. ارزیابی کیفی آب زیرزمینی دشت صحرای باغ برای مصارف کشاورزی و صنعت. اکوهیدرولوژی، دوره ۲، شماره ۴: ۳۴۵- ۳۵۶.

صالحی، ح. زینی وند، ح.، ۱۳۹۳. بررسی کیفیت آب زیرزمینی برای شرب و کشاورزی و انتخاب مناسب‌ترین روش میان‌یابی مکانی آن (مطالعهٔ موردی: غرب شهرستان مریوان). اکو هیدرولوژی. دوره ۱، شماره ۳: ۱۵۳- ۱۶۶.

غلامی، وحید.، ۱۳۹۲. ارائه مدلی به‌منظور تعیین حریم بهداشتی چاه‌های آب شرب دشت مازندران. شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مازندران. ص ۱۵۸.

فرید گیگلو، ب. نجفی نژاد، ع. مغانی بیله سوار، و. غیاثی، الف.، ۱۳۹۲. بررسی تغییرات کیفیت آب رودخانه زرین گل استان گلستان. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک (علوم کشاورزی و منابع طبیعی)، جلد ۲۰، شماره ۱: ۷۷ – ۹۱.

منصوری، ن.، ۱۳۹۱. آلودگی‌های محیط زیست، هوا، آب، مواد زائد جامد و صوت. انتشارات آراد کتاب، ص۱۴۳.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۵. استاندارد فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی (۱۰۵۳). تجدید نظر پنجم. ص ۷۶.

مهری، س. آل شیخ، ع. جوادزاده، ز.، ۱۳۹۴. بررسی روند تغییرات کیفی و سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه. اکوهیدرولوژی، دوره ۲، شماره ۴: ۳۹۵- ۵۰۴.

نجف زاده، ه. زهتابیان، غ. خسروی، ح. گلکاریان، ع.، ۱۳۹۴. تأثیر عوامل اقلیمی و زمین‌شناسی بر کمّیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت مه ولات. اکوهیدرولوژی، دوره ۲، شماره ۳: ۳۲۵- ۳۳۶.

نجمی، ن.، ۱۳۹۱. دستورالعمل پایش آب‌های زیرزمینی. معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، وزارت نیرو، نشریه شماره ۶۲۰.

نوربخش، ز.، ۱۳۹۴. ارائه مدل مدیریت کیفی منابع آب با رویکرد تصمیم‌گیری چند معیار فازی (مطالعه موردی: آب‌های زیرزمینی دشت تجن). رساله دکتری مدیریت محیط زیست. گروه مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۳۰۰ صفحه.

وفاخواه، م. جوادی، م. جوانشیر نجفی، م.، ۱۳۹۴. تأثیر تغییر کاربری اراضی بر مقدار رواناب در حوضهٔ آبخیز چالوس‌رود. اکوهیدرولوژی، دوره ۲، شماره ۲: ۲۱۱- ۲۲۰.

Awadeh, O. Alsuhaimi, Khalid, M. Almohaimidi, Kamal A., 2016. Preliminary Assessment for Physicochemical Quality Parameters of Groundwater in Oqdus Area, Saudi Arabia. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, In Press.

Çadraku, H. Gashi, F. Shala, A. Fetoshi, O., 2016. Variations in the Physico-Chemical Parameters of under groundwater of Blinaja catchment, Kosovo. IFAC-PapersOnLine. 49 (29): 200-205.

Franke, OL., 1997. The Groundwater Focus Group of the Inter Government, Conceptual Frameworks for Groundwater Quality Monitoring. USA USGS.

Gorai, A K. Kumar, S., 2013. Spatial Distribution Analysis of Groundwater Quality Index Using GIS: A Case Study of Ranchi Municipal Corporation (RMC) Area. Geoinformatics & Geostatistics. 1(2): 33-45.

Gummadi, S. Swarnalatha, G. Venkataratnamma, V. Vishnuvardhan, Z., 2014. Water Quality Index for Groundwater of Bapatla Mandal, Coastal Andhra Pradesh, India. International Journal of Environmental Sciences. 5(1): 23-33.

Jabarian Amiri, B. Sudheer, K P. Nicola, Fohrer., 2012. Linkage between Stream Total Phosphorus and Land Cover in Chugoku District, Japan: an ANN approach. Journal of Hydrology and Hydromechanics. 60(1): 33-44.

Jabbarian Amiri, B. Kaneyuki, N., 2008. Entire Catchment and Buffer Zone Approaches to Modeling Linkage Between River Water Quality and Land Cover- A Case Study of Yamaguchi Prefecture, Japan. Chinese Geographical Science. 18(1): 85–92.

Nourbakhsh, Z. Mehrdadi, N. Moharamnejad, N. Hassani, A. Yousefi, H., 2016. Evaluating the Suitability of Different Parameters for Qualitative Analysis of Groundwater Based on Analytical Hierarchy Process. Desalination and Water Treatment journal. 5: 13175–13182.

Renata, S. Tjaša, B. Marko, O. Damjan, K. Klemen, K., 2017. The Impacts of Agricultural Payments on Groundwater Quality: Spatial Analysis on the Case of Slovenia. Ecological Indicators. 73: 338- 344.

Rupal, M. Tanushree, B. Sukalyan, CH., 2012. Quality Characterization of Groundwater Using Water Quality Index in Surat city, Gujarat, India. International Research Journal of Environment Sciences. 1(4): 14-23.

Samson, M. Swaminathan, G. Kumar N.V., 2010. Assessing Groundwater Quality for Potability Using a Fuzzy Logic and GIS–A Case Study of Tiruchirappalli City–India. Computer Modeling and New Technologies. 14(2): 58-68.

Tu, Jun., 2011. Spatially Varying Relationships Between Land Use and Water Quality Across Anurbanization Gradient Explored by Geographically Weighted Regression. Applied Geography. 31: 376-392.

VictorineNeh, Akenji. AkoAko, Andrew. Richard Ayuk, Akoachere., 2015. DRASTIC-GIS Model for Assessing Vulnerability to Pollution of the Phreatic Aquiferous Formations in Douala–Cameroon. Journal of African Earth Sciences. 102: 180–190

Yousefi, Z. Tarassoli, A. Nasirahmadi, K. Yaghobzadeh, Y. Yadollahi, A., 2013. Assessment of the Surface Water Quality in Tajan river Basin, Iran. Life Science Journal. 10(3): 775-780.

Jabbarian Amiri, B. Nakane, K., 2009. Modeling the Linkage between River Water Quality and Landscape Metrics in the Chugoku District of Japan. Water Resources Management. 23: 931–956.

Khodapanah, W.N.A. Sulaiman N., 2009. Groundwater Quality Assessment for Different Purposes in Eshtehard District, Tehran, Iran. European Journal of Scientific Research. 36(4): 543-553.

LI Peiyue, WU Jianhua and QIAN Hui., 2012. Groundwater Quality Assessment with Two Multi-Criteria Decision Making Methods. International Journal of Geomatics and Geosciences. 2(3): 868-877.

Mashari Eshghabad, S. Solaimani, K. Omidvar, O., 2012. Landslide Susceptibility Mapping Using Multiple Regression and GIS Tools in Tajan Basin. North of Iran. Environment and Natural Resources Research. 2(3): 43-51.

Mehrdadi, N. Daryabeigi Zand, A. Matloubi, A., 2007. Natural and Human-Induced Impacts on Costal Groundwater, International Journal of Environmental Research. 11(2): 170-178.

Nayaka, T R. Guptab S K. Galkatea R., 2015. GIS Based Mapping of Groundwater Fluctuations in Bina Basin. Aquatic Procedia. 4: 469–476.

Nourbakhsh, Z. Mehrdadi, N. Moharamnejad, N. Hassani, A. Yousefi H., 2015. Proposing an Index to Evaluate the Groundwater Quality Using "Multi-Criteria Decision Making" Approach and Analyzing the Spatial Distribution of it in Tajan plain, Northern Iran. Iranian Journal of Health Sciences. 3(3): 37-47.

Oladele, O. Abdulrafiu, O., 2012. Physicochemical Quality Assessment of Groundwater Based on Land Use in Lagos city, Southwest, Nigeria. Chemistry Journal. 2(2): 79-86.