مقاله پژوهشی

پایداری، توسعه و محیط زیست، دوره سوم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱، صص۱-۱۴

بررسی تاثیرکاربری کشاورزی بر میزان غلظت نیترات در منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدلسازی ریاضی براساس معادلات رگرسیونی (مطالعه موردی: دشت ری)

پگاه محمدپور[۱]
رضا ارجمندی[*۲]
hrezaarjmandi@gmail.com
امیرحسام حسنی[۳]
جمال قدوسی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۰۷ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۵**

چکیده

زمینه و هدف: ارتباط تغیرات مساحت کاربری کشاورزی و میزان کود شیمیایی مصرفی با تغیرات غلظت نیترات منابع آب زیرزمینی یکی از روش‌های مستقیم تأثیرات کاربری کشاورزی بر وضعیت غلظت نیترات وآلودگی آب‌های زیرزمینی درهر منطقه‌ای است که می‌تواند مدیران را در مدیریت مناسب منابع آب زیرزمینی یاری نماید. هدف از این پژوهش بررسی رابطه تغیرات مساحت کاربری کشاورزی وکودشیمیایی مصرفی بر میزان افزایش غلظت نیترات درمنابع آب زیرزمینی در دشت ری می‌باشد.

روش بررسی: دراین مطالعه برای پایش تغییرات کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و۸ برای سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۹۰، ۱۳۹۳، ۱۳۹۶ و ۱۳۹۹ استفاده گردید. پس از پردازش تصاویر، مساحت اراضی کشاورزی مورد محاسبه قرارگرفت. با توجه به آمار بدست آمده ازمیزان کود شیمیایی مصرفی و نتایج کیفی آزمایشگاهی تغییرات غلظت نیترات، بررسی اثرات این عوامل برروی یکدیگر ویافتن روابط ریاضی بین متغیرها با روش همبستگی پیرسون ورگرسیون خطی موردآزمون قرارگرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که طی دوره مورد بررسی اراضی با کاربری کشاورزی افزایش و اراضی بایرکاهش یافته است. میزان مصرف کود شیمیایی نیز روند افزایشی داشته است. میزان غلظت نیترات منابع آب زیرزمینی بیانگر این مطلب است که طی دوره مورد بررسی، غلظت نیترات درچاه‌های آب زیرزمینی افزایش یافته است. تحلیل ضریب همبستگی نیز نشان داد که در سطح خطای یک درصد (سطح اطمینان ۹۹ درصد) رابطه معنی‌داری بین میزان غلظت نیترات آب زیرزمینی با مساحت اراضی کاربری کشاورزی وحجم کودمصرفی وجود دارد. بدین معنی که هر چقدر مساحت کاربری کشاورزی ومیزان کودشیمیایی افزایش یابد میزان غلظت نیترات منابع آب زیرزمینی نیز افزایش می‌یابد. درمدل رگرسیونی ارائه شده مقدار مربع (R^2) پذیرفته شده برابربا ۰/۹۹۳ است و بیانگر ارتباط نسبتاً قوی بین متغیر وابسته (میزان غلظت نیترات آب در منابع آب زیرزمینی) با متغیرهای مستقل (مساحت کاربری کشاورزی و میزان کود شیمیایی مصرفی) می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج حاکی از آن است که با افزایش وسعت اراضی کشاورزی میزان مصرف کودشیمیایی درمنطقه تحقیق افزایش یافته و به علت فرایندآبشویی نیترات ازسطح خاک، میزان غلظت نیترات در منابع آب زیرزمینی روند افزایشی داشته است، که این مساله یکی ازدلایل مهم افزایش غلظت نیترات در چاه‌های مطالعاتی می‌باشد.

کلمات کلیدی: کاربری کشاورزی، کودشیمیایی، غلظت نیترات، ضریب همبستگی پیرسون، رگرسیون خطی

---

[۱] دانشجوی دکتری گروه مدیریت محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
[۲] دانشیارگروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. (مسئول مکاتبات)
[۳] استاد گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
[۴] دانشیار، عضوهیئت علمی موسسه مدیریت خاک وآبخیزداری. تهران، ایران.

J. Sus. Dev. & Env., Vol 3, No.3, Autumn 2022, pp. 1-14

Investigating the effect of agricultural use on nitrate concentration in underground water sources using mathematical modeling based on regression equations (case study: Ray Plain)

Pegah Mohammadpour[1]
Reza Arjmandi [2*]
hrezaarjmandi@gmail.com
Amirhessam Hassani [3]
Jamal Ghodusi [4]

Received: September 29, 2022 Accepted: November16, 2022

Abstract

Background and Objective: Relationship between agricultural use area and fertilizer consumed with changes in groundwater nitrate concentrations is one of the direct methods of agricultural use on nitrate concentration and groundwater inflammation in each region that can manage managers in proper management. Help ground water resources. The purpose of this study was to investigate the relationship between changes in agricultural and chemical area of consumed on the increase in nitrate concentrations in groundwater sources in Ray plain.

Research method: In this study, Landsat 5 and 8 satellite images for the years 2008, 2011, 2014, 2017 and 2020 were used to monitor land use changes. After processing the images, the area of agricultural land was calculated. According to the statistics obtained from the amount of chemical fertilizer consumed and the qualitative laboratory results of nitrate concentration changes, the effects of these factors on each other and the mathematical relationships between the variables were tested with the Pearson correlation and linear regression method.

Findings: The results show that during the investigated period, agricultural land has increased and barren land has decreased. The consumption of chemical fertilizers has also increased. The level of nitrate concentration of underground water sources shows that during the period under review, the concentration of nitrate in underground water wells has increased. The analysis of the correlation coefficient also showed that at the error level of 1% (99% confidence level) there is a significant relationship between the concentration of nitrates in underground water with the area of agricultural land and the amount of fertilizer used. This means that as the area of agricultural use and the amount of chemical fertilizers increase, the concentration of nitrates in underground water resources also increases. In the presented regression model, the accepted square value (R2) is equal to 0.993 and it indicates a relatively strong relationship between the dependent variable (water nitrate concentration in underground water sources) and the independent variables (agricultural area and the amount of chemical fertilizer used).

Discussion and Conclusion: The results indicate that with the increase in the area of agricultural land, the consumption of chemical fertilizers has increased in the research area, and due to the nitrate leaching process from the soil surface, the nitrate concentration in underground water sources has increased, which is one of the important reasons for the increase in nitrate concentration in the study wells.

Keywords: Agricultural use, chemical fertilizers, nitrate concentration, Pearson correlation coefficient, linear regression

[1] PH. D. student Department of Environmental Management, Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
[2] Associate Professor, Department of Environmental Management, Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (Corresponding Author).
[3] Professor of Environmental Engineering, Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
[4] Associate Professor, Faculty Member of Soil and Watershed Management Institute. Tehran, Iran.

مقدمه

مدیریت منابع آب در سال‌های اخیر از موضوعی فرعی به مسئله‌ای محوری و مهم تبدیل شده است، در واقع مدیریت آب براساس درک منابع آب به عنوان بخش جدایی ناپذیر زیست‌بوم و کالایی اقتصادی اجتماعی مورد توجه قرارگرفته است. در حال حاضر مهاجرت زیرسطحی، رواناب‌ها، کودهای کشاورزی مورد استفاده در مزارع و سایر اشکال آلودگی به‌عنوان پیامدهای زیست‌محیطی جدی شناخته شده است. حفاظت از منابع آب زیرزمینی بسیار آسان‌تر و کم هزینه‌تر از تصفیه و پالایش و احیای آنها می‌باشد (۱).

مهم‌ترین مشکلی که امروزه آب‌های زیرزمینی را تهدید می‌کند، آلوده شدن آنها است. یکی از مهم‌ترین نکات در کنترل و پیشگیری از آلودگی، شناسایی عوامل و منابع آلودگی، شناسایی مناطق بحرانی آلوده شده و جهت حرکت آلودگی است، تا بتوان به کمک این اطلاعات، گام‌های مؤثری در جهت حفظ و بالا بردن کیفیت آب زیرزمینی انجام داد. از جمله مواردی که به عنوان یک عامل اکولوژیک و اجتماعی- اقتصادی در کاهش و تغییر کیفیت آب از نظر فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک موثر می‌باشد، تغییر کاربری اراضی است.

منظور از کاربری زمین، فعالیتی است که انسان با هدف استفاده ازمنابع طبیعی، سبب رشد و توسعه اقتصادی - اجتماعی خود شده و در عین حا ل، ساختارها و فرآیندهای حاکم بر محیط زیست را تغییر می‌دهد (۲).

نقشه‌های کاربری اراضی که در آن نوع والگوی مکانی استفاده از سرزمین مشخص شده است برای برنامه‌ریزی در سطح محلی و منطقه‌ای حایز اهمیت هستند. در این خصوص برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی بروز، استفاده از روش‌های سنتی مانند نقشه برداری زمینی عموما وقت‌گیر و پرهزینه می‌باشند. به همین دلیل امروزه استفاده از فناوری سنجش از دور و بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای به دلایلی مانند صرفه‌جویی در زمان، کاهش هزینه‌ها نسبت به روش سنتی، بروز بودن اطلاعات، افزایش دقت و سرعت می‌تواند در شناسایی محیط و شناخت و استخراج کاربری‌های آن درجهت تصمیم‌گیری برای برنامه‌ریزی‌ها، کارآمد و مفید باشد (۳).

آلودگی منابع آب زیرزمینی به نیترات در حال حاضر یکی از مهمترین مسایل زیست‌محیطی در بسیاری از نقاط دنیا می‌باشد که به صورت طبیعی و یا بر اثر فعالیت‌های بشر در کاربری‌های کشاورزی ایجاد می‌شود. نیترات از طریق فرآیند آبشویی می‌تواند منشاء آلودگی منابع آب زیرزمینی باشد. وجود مقادیر بیش از حد نیترات در آب مصرفی برای انسان و دام خطرناک بوده و این آلاینده باعث محدودیت در استفاده مستقیم از منابع آب زیرزمینی برای مصرف بشر در بسیاری از نقاط جهان مانند ایالات متحده، بریتانیا، عربستان سعودی، هندوستان، چین، ژاپن و چندین بخش از اروپا گردیده است (۴). نیتروژن پرمصرف‌ترین عنصر مورد نیاز گیاه است که در کشاورزی از آن به مقدار زیاد استفاده می‌شود. استفاده بی‌رویه از کودهای نیتروژنی علاوه بر جذب توسط گیاهان باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌گردد (۵). در خصوص تغییرات کاربری اراضی و استفاده ازکودهای شیمیایی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی مطالعات متعددی انجام شده است که در ذیل به برخی ازآنها اشاره می‌کنیم:

برکا و همکاران (۲۰۰۱) در مقاله مروری بیان کردند، نیتروژن ماده مغذی گیاهی بسیار مهم برای محصولات کشاورزی است که در خاک به مقدار معینی وجود دارد. کودهای گیاهی وشیمیایی در سیستم‌های کشاورزی به منظور افزایش مقدارنیتروژن موجود برای رشد گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرند. هرچند که استفاده بیش ازحد از آن موجب رشد محصولات بیشتری می‌شود اما باعث ورود نیتروژن بیشتری ازمزارع به آب‌های زیرزمینی وآب‌های سطحی می‌گردد. No_3^- بسیار قابل حل است و معمول‌ترین شکل نیتروژن می‌باشد که ازمناطق اصلی آبشویی می‌شود به‌همین دلیل آب‌های زیرزمینی و سطحی تحت تاثیر آن قرار می‌گیرند (۶). فاریابی در سال ۱۳۹۹ در بررسی علت آلودگی منابع آب زیرزمینی به نیترات در دشت جیرفت و تویسرکان استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی را عامل مهم آلودگی ذکر نمود (۷).

بوی رورا و همکاران در سال ۲۰۱۳، از یک مدل رگرسیون خطی چندگانه برای تعیین متغیرها در غلظت نیترات آب‌های زیرزمینی استفاده کرده اند. این مدل‌ها نشان دهنده این بود که

میزان نیترات به عوامل ومتغیرهای کود، نوع آبخوان، میزان زه کشی خاک ودرصد آبیاری محصولات وابسته می‌باشد (۸). چیکا و همکاران در سال ۲۰۱۴، با پیش بینی غلظت نیترات نشان داده‌اند که فرایند ورودی کود نیتروژن، از طریق خاک‌های دانه درشت به آبخوان انتقال می‌یابد وسبب آلودگی نیترات در آب‌های زیرزمینی می‌گردد (۹). درتحقیقی توسط شفیعی در سال ۱۳۹۶ در دشت میاناب شوشتر مشخص شد در بخش شمال غربی منطقه غلظت نیترات به دلیل فعالیت‌های زیاد کشاورزی و استفاده بیشتر از کودهای شیمیایی و ازته بیش از میزان استاندارد بوده است و در ماه‌های تیر و شهریور غلظت نیترات بیشترین حد را دارا بوده است (۱۰). در مقاله مروری که توسط احمدی قادیکلائی در سال۱۳۹۷ انجام پذیرفت از عمده‌ترین دلایل احتمالی افزایش غلظت نیترات در چاه‌های آب شرب می‌توان به افزایش مصرف و استفاده نادرست کودهای شیمیایی و حیوانی در مزارع کشاورزی و آبشویی در طی غرقاب کردن زمین‌های کشاورزی و بارندگی‌های فصلی و در نهایت راه‌یابی نیترات به منابع آب زیرزمینی اشاره کرد. فاضلاب‌های پراکنده، تلنبار زباله‌ها در محل‌های تاثیرپذیر، محل‌های دفن غیربهداشتی مواد زائد شهری، بهسازی نبودن دهانه و اطراف چاه‌ها نیز می‌توانند از دیگر عوامل تاثیرگذار بر روند افزایش غلظت نیترات و نیتریت در چاه‌های آب شرب مورد بررسی باشند (۱۱).

در تحقیقی که در سال ۲۰۱۶ توسط بویوکی و همکاران در منطقه قونیه ترکیه انجام پذیرفت مشخص شد که ۷۰ درصد چاه‌های منطقه که توسط موسسات خصوصی یا دولتی اداره می‌شوند دارای سطح NO^{-}_{3} بالاتر از ۱۰mg/l هستند. این مساله نشان دهنده یک منبع آلودگی انسانی بوده و مشخص گردیده که نیترات تعیین شده در آب‌های زیرزمینی از مواد شیمیایی کشاورزی منشاء می‌گیرد. میانگین سطح NO^{-}_{3} آب‌های زیرزمینی به‌دلیل مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی به همراه آبیاری ۱۲-۱۵ ساعت در هر بار مصرف از ماه می تا اگوست در مزارع ذرت احتمال بالای شسته شدن کود به سفره آب زیرزمینی را داشته است. در فصول آبیاری ۸۳/۴ کیلوگرم $N/h\ NO^{-}_{3}$ درمزارع منطقه استفاده گردیده است (۱۲).

نصرآبادی و همکاران در سال ۱۳۹۶ با بررسی بیش از ۳۰ مقاله مروری در ایران و جهان دریافتند، نیتروژن، عنصری بسیار مهم برای محصولات کشاورزی می‌باشد که در خاک به مقدار کمی وجود دارد. کودهای شیمیایی به‌منظور افزایش مقدار نیتروژن موجود برای رشد گیاهان در تمام نقاط جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر چند که استفاده بیش ازحد از آن موجب رشد بیشتر محصولات می‌شود اما ورود نیتروژن در قالب یون نیترات را به آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی سرعت بخشیده و باعث آلودگی آب‌ها می‌گردد. (۱۳).

بیجای و همکاران در سال ۲۰۲۱ با بررسی مقاله‌های مروری دریافتند در دهه ۱۹۸۰ مصرف کودهای کشاورزی نیتروژنه در کشورهای آمریکای شمالی و اروپا در صنایع صنعتی متداول بود ولی پس از سال ۱۹۹۰ روند معکوس گردید و کشورهای در حال توسعه بیشتر به کودهای شیمیایی روی آوردند به گونه‌ایی که آلودگی نیترات به دلیل استفاده از کودهای شیمیایی در آب‌های شیرین در شرق و جنوب آسیا کاملا قابل مشاهده می‌باشد (۱۴). در مقاله مروری که توسط آباسکال و همکاران در سال ۲۰۲۲ تهیه گردید مشخص شد حضور نیترات درآب‌های زیرزمینی به طور مداوم درحال افزایش است ودرنتیجه اقدامات فوری برای جلوگیری ازانتشاراین آلاینده موردنیازمی باشد. درآسیا علت عمده آلودگی به نیترات ناشی از فعالیت‌های کشاورزی به علت مصرف کودها و سموم دفع آفات و نفوذ نیترات در فصل بارندگی‌ها و وضعیت ضعیف سپتیک تانک‌ها می‌باشد. در آمریکا علت اصلی آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی به نیترات به علت مصرف کودها و ورود فاضلاب به منابع می‌باشد. در اروپا محل‌های دفن زباله، فعالیت‌های صنعتی و فاضلاب سهم برجسته‌ایی در وجود نیترات در منابع آب زیرزمینی دارند. در آفریقا به جز دلایل کشاورزی عدم وجود سپتیک تانک‌ها به علت فقر جوامع از عوامل اصلی آلودگی منابع آب زیرزمینی به نیترات می‌باشد (۱۵).

رشد جمعیت منجربه افزایش فشار بر عرصه‌های طبیعی و بهره‌برداری‌های غیراصولی و تغییر کاربری‌ها شده است (۱۶). بررسی وضعیت تغییر کاربری اراضی و پوشش‌گیاهی در دشت

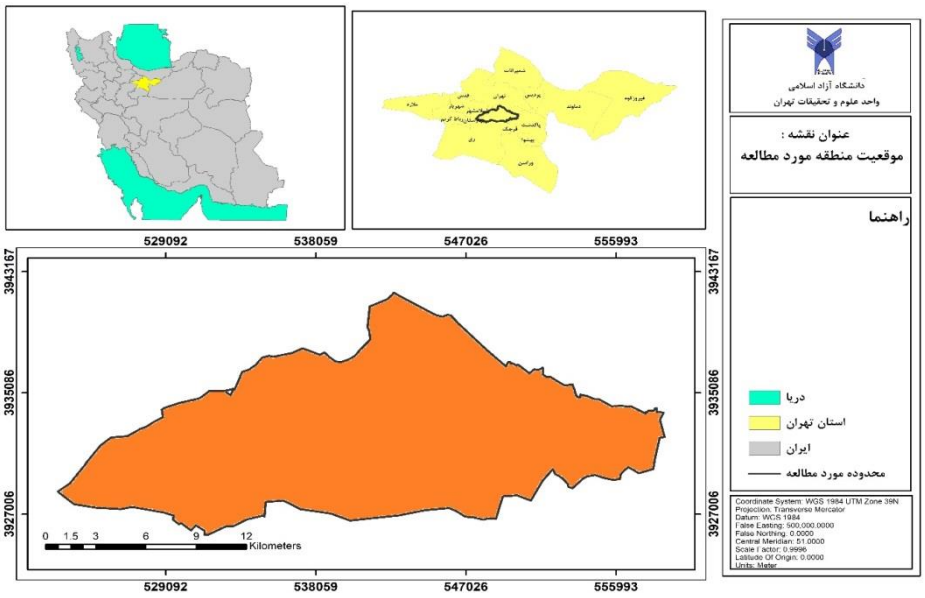
ری، گویای این مطلب است که مهم‌ترین عامل این تغییرات در منطقه، فعالیت‌های انسانی است که موجب تغییرات بسیاری در کاربری اراضی شده است و شاهد افزایش تبدیل و جایگزینی مراتع با اراضی کشاورزی هستیم.

موقعیت مکانی منطقه تحقیق

محدوده مورد مطالعه بخشی ازدشت ری با وسعتی حدود ۳۰۴۴۶ هکتارمی باشد، دشت ری از شمال به تهران، از جنوب به استان قم، از شرق به شهرستان ورامین و شهرستان پاکدشت، از غرب به شهرستان‌های اسلامشهر و رباط‌کریم محدود می‌شود. منطقه تحقیق بخشی از حوضه فلات مرکزی را شامل می‌باشد که از نقطه نظر تقسیم‌بندی هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز کشور در حوضه آبریز دریاچه نمک قرار گرفته است و از نظر آب و هوایی دارای اقلیم نیمه خشک تا خشک مدیترانه‌ایی می‌باشد (شکل ۱).

روش پژوهش

جهت بررسی تغییرات نیترات در منابع آب زیرزمینی میزان غلظت نیترات تعداد۳۰حلقه چاه از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۹ که در موقعیت یکسانی ازلحاظ اقلیم، مشخصات ژئومورفولوژی، مشخصات خاک، واحدهای اراضی، شیب زمین، کاربری اراضی قرارداشتند موردتحقیق و بررسی قرار گرفتند جدول ۱ و شکل‌های ۳ و ۲ موقعیت قرارگیری چاه‌ها را نشان می‌دهند.



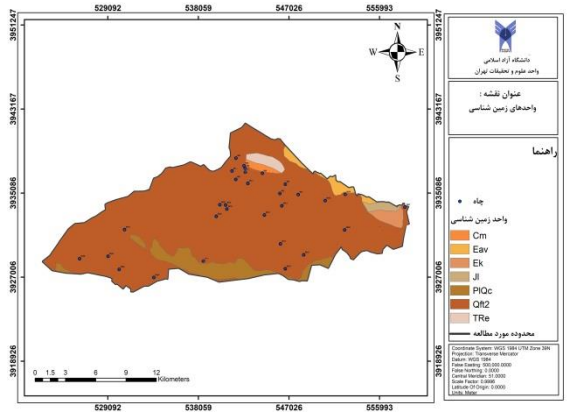
شکل ۱- موقعیت مکانی منطقه تحقیق

Figure 1- Geographical location of study area

جدول ۱- خصوصیات مکانی چاه‌های مطالعاتی (منبع: مرکز تحقیقات آب و خاک کرج)

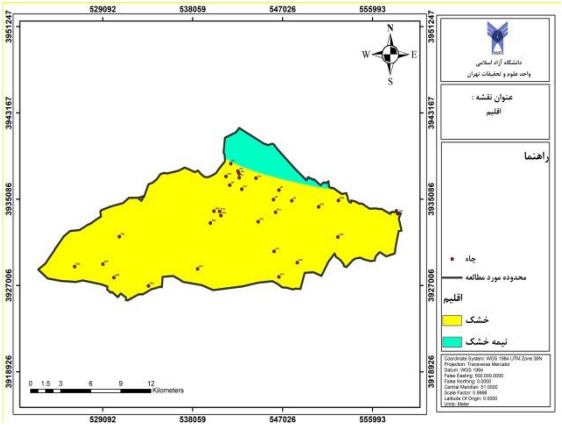
Table 1- Spatial characteristics of study wells (Source: Karaj Water and Soil Research Center)

اقلیم	مشخصات ژئومورفولوژی و زمین شناسی	مشخصات خاک	واحدهای اراضی	شیب زمین (درصد)	کاربری اراضی
خشک	رسوبات سطح پایین فن پیدمان و منابع آبرفتی ومخروط افکنه‌های کوهپایه‌ای جدید کم ارتفاع	رنگ خاک معمولا روشن بوده و نمونه خشک آن ساختمان سخت و محکمی ندارد .Aridisols	واحد۴,۲۵زراعت آبی، دشتهای آبرفتی دامنه خاکی با بافت سطحی سنگی	۰- ۲/۵	کشاورزی



شکل ۲- محل قرارگیری چاه‌ها درنقشه زمین شناسی محدوده مطالعاتی

Figure 2- The location of the wells in the geological map of the study area



شکل۳ - محل قرارگیری چاه‌ها درنقشه اقلیم محدوده مطالعاتی

Figure 3- The location of the wells in the climate map of the study area

به جهت مشخص کردن تغییرات کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شده است. تصاویر ماهواره‌ای ازسایت سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا (USGS)[1] دانلود گردید. تصاویر ارائه شده توسط ماهواره لندست ۵ و ۸ برای سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۹۰، ۱۳۹۳، ۱۳۹۶ و ۱۳۹۹ جهت شناسایی کاربری اراضی مورد استفاده قرار گرفت. یک تصویر در شماره گذر (مسیر) ۱۶۴ و شماره ردیف ۳۵ منطقه تحقیق را در بر می‌گیرد. داده‌های تصاویر طوری انتخاب شدند که تاحد امکان دارای فصل مشابه از نظر پوشش گیاهی باشند با انجام تصحیحات اتمسفری مورد نیاز، بر اساس ورودی‌های مدل (FLAASH)[2] و تایید زمین مرجع بودن تصاویر با استفاده از روش تصویر- وکتور (همه تصاویر اخذ شده دارای سیستم مختصات جهانی جغرافیایی مرکاتور معکوس و زون ۳۹ می‌باشند) تصاویر با یکدیگر موزاییک و ادغام شدند و سپس بر اساس مرزهای محدوده مورد مطالعه تصاویر حاصل از مرحله قبل برش داده شده و به عنوان تصاویر نهایی برای انجام پژوهش انتخاب شدند. از آنجایی که هدف مطالعه، بررسی تغییرات کاربری اراضی دشت ری بود، تصاویر مورد نیاز به گونه‌ای از میان تصاویر در دسترس انتخاب شدند که دارای شرایط تشابه فصل از نظر پوشش گیاهی، نزدیک بودن تاریخ تصاویر از نظر ماه، حداکثر میزان سبز بودن گیاهان، درختان، زمین‌های کشاورزی ومزارع موجود در منطقه و دارای حداقل پوشش ابر باشند. همچنین جهت پردازش و رقومی‌سازی این تصاویر از نرم‌افزارهای ENVI5.3 که قابلیت بالایی در تحلیل سامانه اطلاعات جغرافیایی دارد و نرم‌افزار ArcGIS10.6 که برای تهیه نقشه‌های چند زمانه کاربری اراضی کاربرد دارد برای پهنه‌بندی الگوی تغییرات اراضی استفاده شده است. نقشه کاربری اراضی برای سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۹۰، ۱۳۹۳، ۱۳۹۶ و ۱۳۹۹ در ۴ کلاس کاربری اراضی شامل اراضی کشاورزی، بایر، مسکونی و صنعتی، مطابق شکل‌های (۴) استخراج شد. بعد از تهیه و طبقه‌بندی کاربری اراضی، تعیین مساحت کلاس‌ها انجام و میزان تغییرات در محیط نرم‌افزار ARCGIS10.6 محاسبه گردید.

باتوجه به اهدف تحقیق که برررسی رابطه بین کاربری کشاورزی و میزان تغییرات نیترات در منابع آب زیرزمینی را شامل می‌شد میزان کود مصرفی به عنوان متغیر مستقل در بازه‌های زمانی ۱۳۸۷، ۱۳۹۰، ۱۳۹۶،۱۳۹۳ و ۱۳۹۹ با توجه به اطلاعات دریافتی ازسازمان جهادکشاورزی شهرری مشخص گردید.

به منظور بررسی رابطه میان پارامتر میزان غلظت نیترات در چاه‌های مطالعاتی با میزان تغییرات مساحت کاربری کشاورزی و میزان مصرف کودکشاورزی دربازه زمانی مطالعاتی همبستگی این پارامترها مورد بررسی قرارگرفت.

برای بررسی رابطه میزان غلظت نیترات در چاه‌های مطالعاتی بامساحت کاربری کشاورزی و میزان کودشیمیایی مصرفی به ترتیب از نتایج کیفی آزمایشگاهی میزان غلظت نیترات در چاه‌های مورد مطالعه طی بازه زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۹ مستخرج از شرکت آب و فاضلاب استان تهران، اطلاعات

مساحت محاسباتی کلاس کاربری کشاورزی بدست آمده توسط نرم‌افزار ARCGIS10.6، و آمارکود مصرفی کسب شده از اداره جهادکشاورزی شهرری در محدوده مطالعاتی استفاده گردید.

جهت بررسی میزان غلظت نیترات در چاه‌های مورد مطالعه با توجه به کم وسعت بودن محدوده مورد تحقیق و در نتیجه یکسان بودن شرایط چاه‌ها از لحاظ ویژگی‌های مکانی (جدول ۱)، اقدام به محاسبه میانگین میزان نیترات ۳۰ حلقه چاه مطالعاتی محفوره در کاربری کشاورزی طی بازه زمانی مورد نظر گردید.

بررسی و مدلسازی ارتباط بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل

پس از اینکه داده‌های مربوط به پارامتر غلظت نیترات درآب زیرزمینی (متغیر وابسته) و مساحت کلاس کاربری کشاورزی ومیزان کودشیمیایی مصرفی (متغیرهای مستقل) استخراج و گردآوری شد، به منظور بررسی اثرات این عوامل بر روی همدیگر در منطقه تحقیق از همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی استفاده گردید. کلیه تجزیه و تحلیل‌ها در نرم‌افزار (SPSS)[11] انجام شد. از آنجایی که هم متغیرهای مستقل و هم متغیر وابسته از نوع کمی و مقیاس‌دار بودند از همبستگی پیرسون استفاده گردید. 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 (۱۷). بنابراین به منظور یافتن رابطه بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل از رگرسیون خطی استفاده شده است.

اعتبارسنجی مدل

در تحلیل همبستگی، اگر سطح معنی‌داری محاسبه شده کمتر از سطح خطا باشد، می‌توان تحلیل همبستگی رو پذیرفت، سطح خطا در این تحقیق ۵ درصد (سطح اطمینان ۹۵ درصد) می‌باشد. برای اعتبارسنجی مدل رگرسیون خطی ارائه شده، سه فرض زیر باید مورد آزمون قرار گیرد. ۱- باقی‌مانده‌های مدل (خطاها) دارای توزیع نرمال با میانگین خطای صفر باشد (۱۸).

[1] Statistical package for social science

۲- واریانس باقی‌مانده‌ها باید ثابت باشد و ۳- باقی‌مانده‌ها بایستی مستقل از هم باشند (۱۹).

یافته‌های تحقیق

برای پایش تغییرات کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای TM و OLI ماهواره‌های لندست ۵ و ۸ استفاده شد. برای اطمینان از عدم وجود خطاهای اتمسفری و هندسی بر روی تصاویر، تصحیح هندسی، اتمسفری و پیش‌پردازش‌های اولیه صورت گرفت. بعد از تهیه نقشه‌های کاربری اراضی برای سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۹۰، ۱۳۹۳، ۱۳۹۶ و ۱۳۹۹مساحت هر کلاس و تغییرات کلاس‌های مختلف در طول دوره‌های زمانی مورد مطالعه در محیط نرم‌افزار ARCGIS10.6 بر اساس جدول (۲) محاسبه گردید. نقشه کاربری اراضی با تاکید بر تغییر مساحت کاربری کشاورزی برای سال پایه و انتهایی در شکل ۴ مشخص می‌باشد.

نتایج حاصل نشان دهنده این است که در منطقه مطالعاتی، اراضی کشاورزی افزایش مساحت داشته بطوریکه مساحت آن از ۲۰۲۱۰/۲۶ هکتار در سال ۱۳۸۷به ۲۱۶۷۶/۳۵هکتار در سال ۱۳۹۹ افزایش یافته است (جدول ۲و شکل ۵).

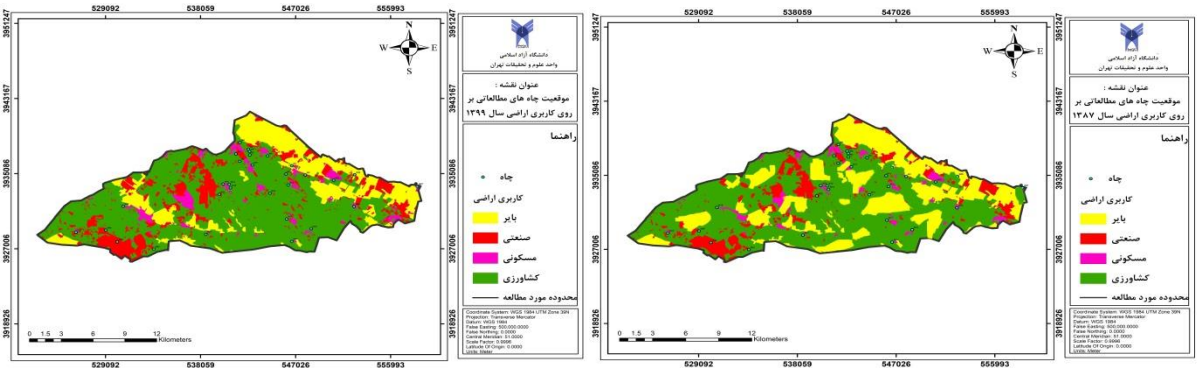
با افزایش مساحت سطح زیرکشت کشاورزی میزان مصرف کود کشاورزی در منطقه مورد تحقیق افزایش یافته به گونه‌ایی که مقدارآن از ۳۰۱۳/۲۷ تن در سال ۱۳۸۷ به ۶۱۵۳/۴۱ تن در سال ۱۳۹۹ رسیده است (جدول ۲). نمودار روند صعودی میزان مصرف کودکشاورزی در شکل ۶ مشاهده می‌گردد.

تغییرات میانگین غلظت یون نیترات در چاه‌های مطالعاتی طبق جدول۲ بیانگراین موضوع است که طی دوره مورد بررسی غلظت نیترات دارای روند افزایشی بوده به گونه‌ایی که مقدارآن از ۶۱/۶۶ میلی گرم در سال ۱۳۸۷ به۱۰۵/۳۲ در سال ۱۳۹۹ رسیده است.

به منظور شناخت تغییرات غلظت نیترات آب زیرزمینی در نقاط مختلف دشت ری، براساس میزان غلظت پارامتر نیترات در آب چاه‌های مورد مطالعه، نمودارمیزان تغییرات غلظت نیترات ترسیم گردید (شکل ۷).

بررسی نمودار بیانگر آن است که به طور کلی روند تغییرات آنیون نیترات آب زیرزمینی در دوره زمانی مورد مطالعه در

چاه‌های مورد بررسی دارای روند افزایشی بوده است. در ادامه جهت بررسی رابطه بین تغییرات کاربری کشاورزی و میزان افزایش غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی در منطقه تحقیق میزان مساحت کاربری کشاورزی و غلظت نیترات در بازه‌های زمانی مورد مطالعه در جدول‌های (۳ و ۴) ارائه شده است. از نتایج حاصل از جداول مذکور به عنوان پایگاه داده ورودی که شامل پارامتر غلظت نیترات آب زیرزمینی (متغیر وابسته) و مساحت کاربری کشاورزی و میزان کودشیمیایی مصرفی (متغیرهای مستقل) در منطقه تحقیق می‌باشند برای مرحله بعدی تحقیق یعنی تحلیل میزان همبستگی و مدلسازی استفاده گردید.



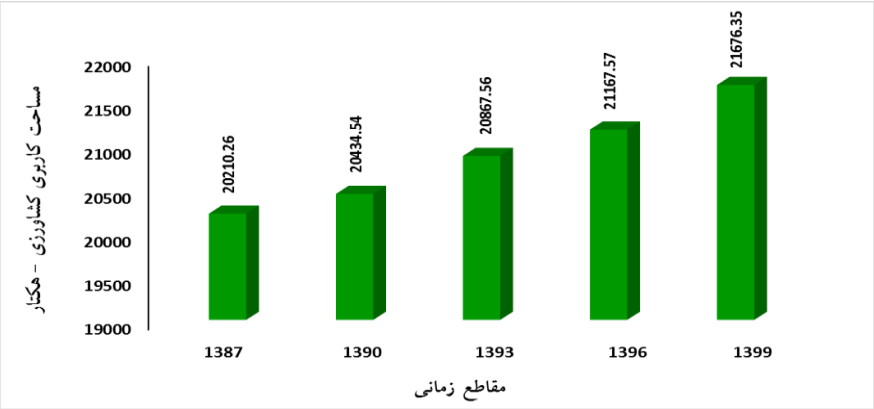
شکل ۴- نقشه کاربری اراضی درمنطقه تحقیق سال(۱۳۹۹و۱۳۸۷)

Figure 4- Land use map in the research area of 2008 and 2020

جدول۲- مساحت و درصد کاربری کشاورزی، مقدارکودمصرفی ومیزان غلظت نیترات در مقاطع زمانی مورد مطالعه

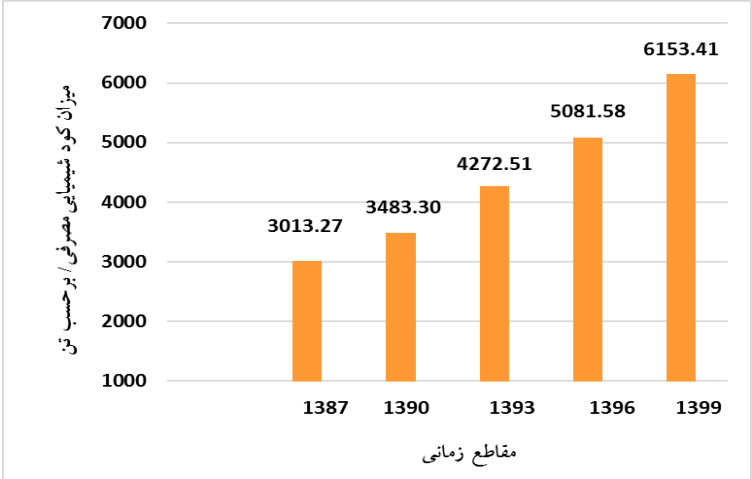
Table2 - area and percentage of agricultural use, amount of fertilizer used and nitrate concentration in the time periods studied

سال	کاربری کشاورزی		میزان کود مصرفی (تن)	میزان غلظت نیترات (میلی گرم/ لیتر)
	هکتار	درصد		
۱۳۸۷	۲۰۲۱۰/۲۶	۶۶/۳۸	۳۰۱۳/۲۷	۶۱/۶۶
۱۳۹۰	۲۰۴۳۴/۵۴	۶۷/۱۲	۳۴۸۳/۳۰	۶۹/۰۳
۱۳۹۳	۲۰۸۶۷/۵۶	۶۸/۵۴	۴۲۷۲/۵۱	۸۱/۱۳
۱۳۹۶	۲۱۱۶۷/۵۷	۶۹/۵۲	۵۰۸۱/۵۸	۹۳/۴۷
۱۳۹۹	۲۱۶۷۶/۳۵	۷۱/۲۰	۶۱۵۳/۴۱	۱۰۵/۳۲
۱۳۸۷-۱۳۹۹	۱۴۶۶/۰۹	۴/۸۲	۳۱۴۰/۱۴	۴۳/۶۶
روند تغییرات	افزایشی	افزایشی	افزایشی	افزایشی



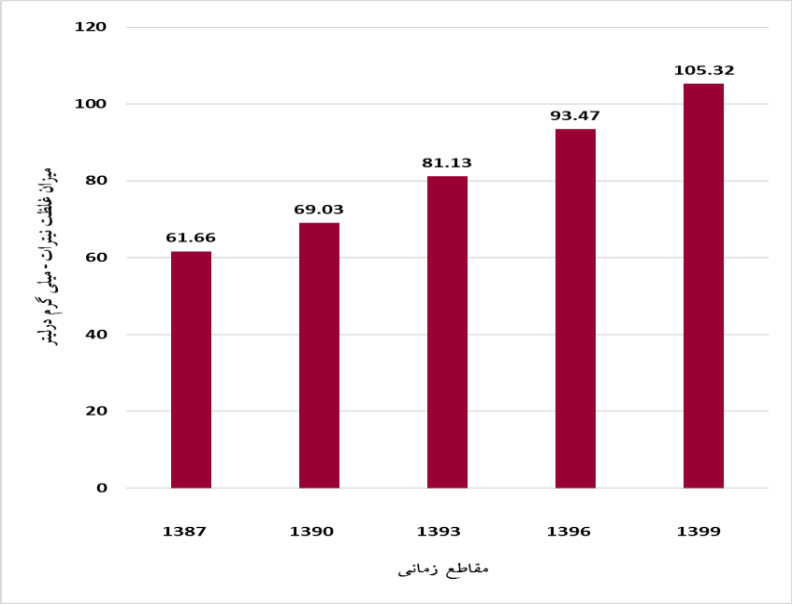
شکل ۵- مساحت کاربری کشاورزی در مقاطع زمانی موردمطالعه درمنطقه تحقیق

Figure 5- The area of agricultural use in the studied time periods in the research area



شکل ۶- میزان کودشیمیایی مصرفی در مقاطع زمانی موردمطالعه درمنطقه تحقیق

Figure 6- The amount of fertilizer Chemical consumption in the studied time periods in the researched area



شکل۷- متوسط غلظت نیترات در مقاطع زمانی مورد مطالعه در چاههای منطقه تحقیق

Figure 7- The average concentration of nitrate in the studied time periods in the wells of the research area

تحلیل همبستگی پیرسون

نتایج حاصل از تحلیل همبستگی پیرسون بین متغیرهای مستقل و وابسته درقالب جدول ماتریس همبستگی پیرسون جدول (۳) ارائه شده است. همان‌گونه که در جدول ماتریس همبستگی مشاهده می‌شود، میزان ضریب همبستگی بین متغیر غلظت نیترات و متغیرهای کاربری کشاورزی و کود مصرفی این تحقیق در سطح خطای یک درصد (سطح اطمینان ۹۹ درصد) دارای رابطه معنی‌دار می‌باشد. بدین معنی که با افزایش مساحت کاربری کشاورزی ومیزان کود مصرفی، میزان غلظت نیترات چاه‌های مطالعاتی افزایش می‌یابد..

بررسی همبستگی پارامترهای مساحت کاربری کشاورزی و میزان کود شیمیایی مصرفی با پارامتر غلطت نیترات در چاه‌های مطالعاتی

بر اساس بررسی همبستگی انجام شده در مورد پارامترهای کاربری کشاورزی و میزان کود شیمیایی مصرفی نسبت به پارامتر غلطت نیترات در منابع آب زیرزمینی به روش پیرسون؛

مقادیر ۰/۹۸۵ و ۰/۹۹۵ بیشتر از ۰/۵ تقریباً نزدیک به ۱ می‌باشند. این بدین معناست که همبستگی غلظت نیترات در منابع آب زیرزمینی با پارامترهای مذکور بسیار زیاد بوده و بدین لحاظ می‌توان بیان نمودکه روابط و مدل‌های ریاضی بین این پارامترها و غلطت نیترات در منابع آب زیرزمینی معنادار می‌باشند.

جدول۳- ماتریس همبستگی پیرسون بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل تحقیق

Table 3- Pearson correlation matrix between dependent variable and independent research variables

		غلظت نیترات (میلی گرم/ لیتر)	مساحت کاربری کشاورزی (هکتار)	کودمصرفی (تن)
غلظت نیترات (میلی گرم/ لیتر)	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	۱ ۱۳	۰/۹۸۵** ۰/۰۰۰ ۱۳	۰/۹۹۵** ۰/۰۰۰ ۱۳
مساحت کاربری کشاورزی (هکتار)	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	۰/۹۸۵** ۰/۰۰۰ ۱۳	۱ ۱۳	**۰/۹۷۹ ۰/۰۰۰ ۱۳
کود مصرفی (تن)	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	**۰/۹۹۵ ۰/۰۰۰ ۱۳	**۰/۹۷۹ ۰/۰۰۰ ۱۳	۱ ۱۳
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)				

مدلسازی رابطه ریاضی بین غلظت نیترات در چاه‌های مطالعاتی با پارامترهای مساحت کاربری کشاورزی و میزان کودشیمیایی مصرفی

برای ارائه مدل ریاضی بین متغیرهای خطی از رگرسیون خطی مدل اینتر درقالب نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۶ استفاده شده است. خلاصه مدل رگرسیونی ارائه شده به روش اینتر در جدول (۴) نشان دهنده مقدار مربع (R) پذیرفته شده برابر با ۰/۹۹۳ بوده که بیانگر ارتباط نسبتاً قوی بین متغیر وابسته (میزان غلظت نیترات در منابع آب زیرزمینی) با متغیرهای مستقل (مساحت کاربری کشاورزی و میزان کود شیمیایی مصرفی) می‌باشد. میزان ضریب تبیین ۰/۹۹۱در این مدل نشان‌دهنده این است که بیش از ۷۰ درصد تغییرات متغیر وابسته توسط مدل ارائه شده قابل پیش‌بینی بوده که این مساله بیانگر این است که مدل خطی ارائه شده مدل نسبتاً مناسبی است.

ضرایب مربوط به مدل ارائه شده به روش اینتر در جدول (۵) نشان داده شده است. رابطه (۱ و ۲) مدل رگرسیون خطی میزان غلظت نیترات در منابع آب زیرزمینی را نسبت به مساحت کاربری کشاورزی و میزان کود شیمیایی مصرفی نشان می‌دهد این مدل خطی دارای دو متغیر با یک ضریب ثابت می‌باشد. در این روابط، Y و NO_3^- معرف میزان غلظت نیترات در منابع آب زیرزمینی، X و AU بیانگر مساحت کاربری کشاورزی، Z و Fe معرف میزان کود شیمیایی مصرفی در محدوده مورد تحقیق می‌باشند.

رابطه ۱ $Y= -۱٤۷/ ۳٤٦ + ۰/۰۱X +۰/۸۸Z$

رابطه ۲ $NO_3^- = -۱٤۷/ ۳٤٦+۰/۰۱AU+۰/۸۸Fe$

جدول ۴- خلاصه مدل روش اینتر

Table 4- Summary of Inter model method

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
۱	۰/۹۹٦[a]	۰/۹۹۳	۰/۹۹۱	۱/۳۹٦٦۸	۲/۰۵۵
a. Predictors: (Constant), Agricultural-Use, Fertilizer					
b. Dependent Variable: NO3-of-Wells					

جدول۵- وضعیت معنی‌داری ضریب پارامترها در مدل اینتر

Table 5. Significant status of the coefficient of parameters in the Inter method

Coefficients [a]						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-۱۴۷/۳۴۶	۷۹/۸۵۵		-۱/۸۴۵	۰/۰۴۹
	Fertilizer	۰/۰۱۰	۰/۰۰۲	۰/۷۲۱	۵/۴۶۶	۰/۰۰۰
	Agricultural-Use	۰/۸۸۸	۰/۴۱۹	۰/۲۸۰	۲/۱۲۱	۰/۰۴۵
a. Dependent Variable: NO3-of-Wells						

ارزیابی و اعتبارسنجی مدل

مدل رگرسیونی ارائه شده در این تحقیق به وسیله سه فرض مورد آزمون قرار گرفت.

فرض اول: بررسی نرمال بودن با میانگین خطای صفر باقی‌مانده‌ها می‌باشد، برای بررسی نرمال بودن باقی مانده‌ها، روش‌های متعدد آماری و گرافیکی وجود دارد (۲۰). برای بررسی این فرض آزمون کولموگروف اسمیرنوف بر روی باقیمانده‌های مدل انجام شد. در این آزمون اگر میزان Sig مساوی و یا بزرگتر از سطح خطا باشد؛ بیانگر این است که توزیع باقی‌مانده‌ها نرمال و یکنواخت است. همان‌طور که در جدول (۶) مشاهده می‌شود میزان Sig (معنی‌داری) برای این مدل ۰,۲ محاسبه شده و چون از سطح خطا (۵٪) بیشتر است با توجه به اینکه میانگین باقی‌مانده‌ها نیز صفر نمی‌باشد. پس می‌توان گفت که باقی‌مانده‌های مدل (خطاها) دارای توزیع نرمال با میانگین خطای صفر می‌باشند.

فرض دوم: بررسی استقلال باقی‌مانده‌ها است، جهت بررسی این فرض آزمون دوربین واتسون انجام شد. هر چقدر آماره دوربین‌واتسون نزدیک به عدد ۲ بوده و در محدوده ۱/۵ تا ۲/۵ باشد می‌توان گفت که همبستگی میان داده وجود نداشته و فرض استقلال باقی‌مانده‌ها تایید می‌شود. با دقت در ستون آخر جدول (۴) می‌توان فهمید که آماره دوربین واتسون برابر با ۲/۰۵۵ بوده و در محدوده قابل قبول قرار گرفته است.

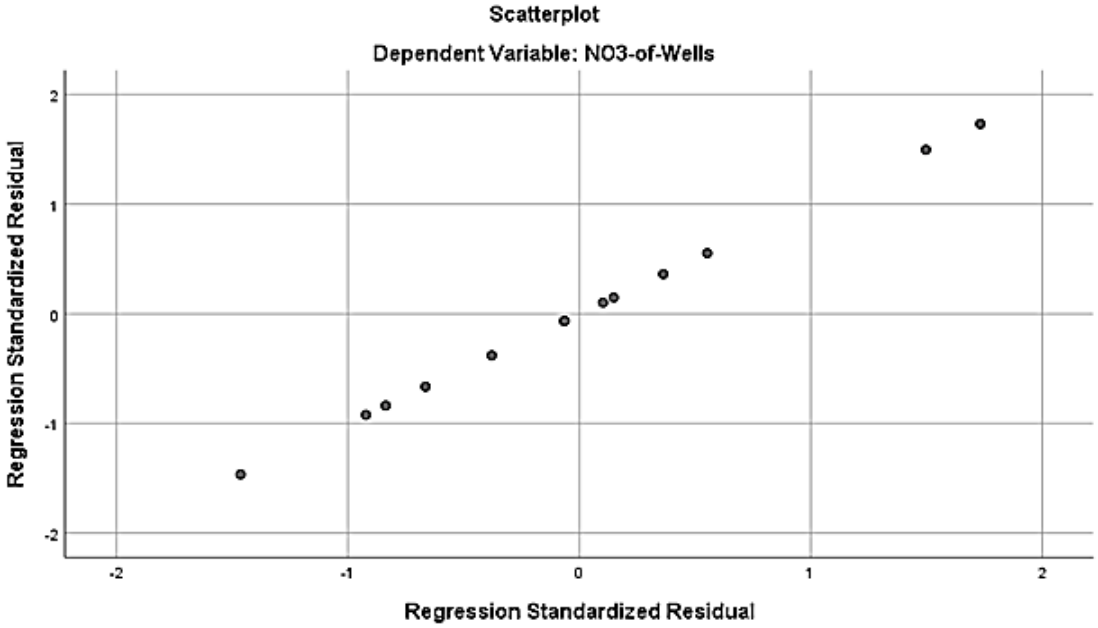
جدول۶- آزمون کولموگروف اسمیرنوف در روش اینتر

Table 6. One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test in the Inter method

		NO_3-of-Wells	Fertilizer	Agricultural-Use
N		۱۳	۱۳	۱۳
Normal Parameters[a,b]	Mean	۸۲/۱۳۳۸	۴۳۶۰/۶۹۴۶	۲۰۹/۳۸۷۷
	Std. Deviation	۱۴/۸۵۲۱۴	۱۰۷۰/۵۹۵۱۱	۴/۶۷۹۹۱
Most Extreme Differences	Absolute	۰/۱۲۷	۰/۱۴۵	۰/۱۲۴
	Positive	۰/۱۲۷	۰/۱۴۵	۰/۱۲۴
	Negative	-۰/۰۹۰	-۰/۱۰۶	-۰/۰۷۹
Test Statistic		۰/۱۲۷	۰/۱۴۵	۰/۱۲۴
Asymp. Sig. (2-tailed)		۰/۲۰۰[c,d]	۰/۲۰۰[c,d]	۰/۲۰۰[c,d]
a. Test distribution is Normal. پراکنش داده‌ها نرمال است				
b. Calculated from data. محاسبه شده بر اساس داده‌ها				
c. Lilliefors Significance Correction.				
d. This is a lower bound of the true significance.				

فرض سوم: بررسی ثابت بودن واریانس باقی‌مانده‌ها است، برای بررسی یکسان بودن واریانس باقی‌مانده‌ها نیز از نمودار باقی‌مانده‌ها در برابر مقادیر پیش‌بینی شده استفاده شده است. اگر نقاط این نمودار از شکل خاصی تبعیت نکنند و در اطراف محور $Y = 0$ پراکنده باشند، می‌توان نتیجه گرفت که واریانس باقی مانده‌ها تقریبا یکسان هستند (۲۰). بدین منظور نمودار پراکنش باقی‌مانده‌های مدل به ازای مقادیر پیش‌بینی شده در شکل (۸) رسم گردید. باتوجه به شکل بدست آمده مشخص شد باقی‌مانده‌ها از الگوی خاصی پیروی نکرده و شکل نمودار به صورت همگرا یا واگرا (قیفی شکل) نمی‌باشد. با توجه به

آزمون‌های آماری انجام شده و پذیرفته شدن هر سه فرض اعتبارسنجی، می‌توان گفت که مدل ارائه شده در رابطه (۱و۲) از اعتبار لازم برخوردار می‌باشد.



شکل ۸- پراکنش باقیمانده‌های مدل به ازای مقادیر پیش بینی شده
Figure 8- Distribution of model residues per predicted values

نتیجه گیری

نتایج بررسی تغییرات مساحت کاربری کشاورزی، میزان مصرف کودشیمیایی و میانگین غلظت پارامتر نیترات منابع آب زیرزمینی در منطقه تحقیق نشان داد که به طور کلی در دوره زمانی مورد مطالعه (۱۳۸۷تا۱۳۹۹) وسعت اراضی کشاورزی و میزان مصرف کودشمیایی، افزایش یافته که به تبع آن افزایش غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی دارای روند صعودی بوده است. با توجه به موقعیت قرارگیری چاه‌های مطالعاتی در زمین‌های کشاورزی می‌توان تغییر کاربری بایر به زمین‌های کشاورزی و افزایش مساحت اراضی زراعی در منطقه تحقیق و به تبع آن افزایش مصرف کود شیمیایی را از مهمترین عوامل افزایش غلظت نیترات در چاه‌های مطالعاتی در منطقه تحقیق دانست. همچنین استفاده غیرعلمی و غیراصولی از کودهای شیمیایی به جهت نا آگاهی و نبود آموزش لازم و کافی به کشاورزان در کنار نظارت ضعیف بر میزان کود مصرفی براساس نیاز نوع محصول و فصل مورد کشت از دیگر موارد افزایش یون نیترات در منابع آب زیرزمینی می‌باشد.

همچنین نتایج حاصل از تحلیل ضریب همبستگی پیرسون بین متغیر مستقل و متغیرهای وابسته نشان داد که در سطح خطای یک درصد (سطح اطمینان ۹۹ درصد) بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته رابطه معنی‌داری وجود دارد. بدین معنی که با افزایش میزان درصد مساحت کاربری کشاورزی و کود مصرفی، میزان غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی نیز افزایش یافته است. در مدل رگرسیونی ارائه شده میزان مربع R برابر با ۰/۹۹۳ می‌باشد که نشان دهنده ارتباط نسبتاً خوبی بین متغیر وابسته با متغیرهای مستقل بوده است. میزان ضریب تبیین در این مدل ۰/۹۹۱ بدست آمد که نشان‌دهنده آن است که بیش از ۷۰ درصد تغییرات متغیر وابسته توسط مدل ارائه شده قابل پیش‌بینی بوده که نشان می‌دهد مدل خطی ارائه شده مدل مناسبی است.

مقایسه بین نتایج تحقیق دراین منطقه بانتایج تحقیقات جدید سایر محققان مورد بررسی قرار گرفت که در ذیل به چند نمونه از آنها اشاره می‌شود:

با مطالعه نصرآبادی و همکاران در سال ۱۳۹۶ بر روی ۳۰ مقاله مروری داخلی و خارجی در خصوص شناسایی منابع ورود آلودگی نیترات به آب‌های زیرزمینی آنها دریافتند نیترات کودهای شیمیایی مورد استفاده در مزارع کشاورزی که از طریق فرایند آبشویی از خاک‌های اراضی کشاورزی به آب‌های زیرزمینی وارد شده‌اند از مهمترین منابع ورود آلاینده نیترات به این آب‌ها بوده‌اند. در این مطالعات آنها دریافتند در صورتی‌که بارندگی قبل از استفاده محصولات زراعی از کود شیمیایی آغاز گردد، مقدار بسیار زیادی از نیترات می‌تواند در مدت بسیار کوتاهی فروشسته شده و آلایندگی را افزایش دهد (۱۲). شارون وهمکاران درسال ۲۰۲۱ درتحقیقی درمنطقه کوبی ژاپن با استفاده از ردیابی ایزوتوپ‌های نیتروژن پایدار با روش عضو نهایی در نرم افزار SIAR (تجزیه و تحلیل ایزوتوپ پایدار) دریافتند مصرف کودهای شیمیایی توسط کشاورزان باعث آبشویی کودها و افزایش آلودگی آب‌های زیرزمینی به آلاینده نیترات گردیده است (۲۱). اینیو و همکاران در پژوهشی در سال ۲۰۲۱ در منطقه ویفانگ چین ارتباط مستقیمی را بین میزان مصرف کودهای شیمیایی در زمین‌های زراعی و آلودگی آب‌های زیرزمینی به یون نیترات با استفاده از ایزوتوپ‌های اکسیژن و نیتروژن و ترکیبات هیدروشیمیایی با استفاده از مدل ایزوتوپ بیزی نشان دادند (۲۲). نتیجه مطالعه‌ایی درمنطقه سلیان مغولستان در سال ۲۰۲۰ توسط ون ون و همکاران نشان داد که عامل الودگی چاه‌های آب زیرزمینی به نیترات، مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه در اراضی کشاورزی منطقه بوده است (۲۳).

Reference

1- Jang Chi Kashani, S. Hekmat, M.2016. water resource management in sustainable sustainable agricultural development, first edition, Academic Publications, (In Persian).
2- Mesbahzadeh, T., Soleimani Sardoo, F., 2019. Effects of land use change on agricultural water quality in Kerman Plain using remote sensing technique. Environmental Sciences Journal, vol.16 ,pp. 33-46
3- Feizizadeh, B., 2017., Modeling the Trends of the Land Use/Cover Change and Its Impacts on the Erosion System of the Allavian Dam Based on the Remote Sensing and GIS Techniques. Journal of Hydrogeomorphology, Vol. 11, pp. 21-38
4- Professor Askar Ali, K. Alvankar, R. 2014. Nitrate pollution in underground water, Konkash Publications, (In Persian).
5- Seven brothers, Sh., Malkouti, M., Khoshgovarmanesh, A., 2017. Investigation of nitrate susceptibility in edible parts of some agricultural products of Isfahan province. Scientific Journal of Applied Soil Research, Vol. 6, pp. 1-12 (In Persian).
6- Berka, C., Schreier, H., Hall, K., 2001. Linking water quality with agricultural intensification in a rural watershed. Journal of Water, Air and Soil Pollution, Vol.127, pp. 389-401.
7- Faryabi, M., "Effect of agricultural activities on the nitrate concentration of underground water in Jiroft Plain" - First National Conference on Agriculture and Health, March 2019, Jiroft - Iran, (In Persian).
8- Boyroura, M., Nolan, B., Mencio, A., Maspla, J., 2013. Regression model for aquifer vulnerability assessment of nitrate pollution in the Osona region. Journal of NE Spain, Vol. 505, pp. 15-33.
9- Chicaolmo, M., Luqueespinar, J., Rodriguezgaliano, V., Pardoiguzquiza, E., Chicarivas, L., 2014. Categorical indicator kriging for assessing the risk of groundwater nitrate pollution: the case of Vega de Granada aquifer. Journal of SE Spain,Vol. 470, pp. 22-49
10- Shafieish, A., "Investigation of changes in groundwater pollution of Shushtraz Mianab Plain, the mineral nitrogen compounds of nitrate, nitrite, ammonia" Third National Congress of Development and Promotion of Agricultural Engineering and Soil Science of Iran, July 2016 ,Tehran, Iran, (In Persian).
11- Qadikalai, A., "Investigation of nitrate levels in underground water sources", First National Conference on Water Resources Strategies and Environmental Challenges, May 2017, Sari, Iran, (In Persian).
12- NasrabadiM, M., Atbati, A., Zulfiqari, Q., "Investigation of sources of nitrate contamination in groundwater", Fourth International Conference on Recent Innovations in Chemistry and Chemical Engineering, July 2016, Tehran, Iran, (In Persian).

13- Bijay, S., Eric, C., 2021 .Fertilizers and nitrate pollution of surface and ground water an increasingly pervasive global problem. Review Paper, SN Applied Sciences, Vol. 518, pp. 42-59.
14- Abascal, L., Gomezcoma, I., Ortiz, A., 2022 .Global diagnosis of nitrate pollution in groundwater and review of removal technologies. Science of the Total Environment, Vol. 810, pp. 31-49.
15- Lu, D., Weng, Q., 2008 .A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance, International Journal of Remote Sensing, Vol. 28 ,pp. 23-40.
16- Raybad, A.2009 Step by step training spss 17, first edition: Taherian Publishing.
17- Rasouli, A., Jahanbakhsh, S., Ghasemi, A., 2014 .A Study of the Relationship between Important Parameters of Cloud and Daily Rainfall in Iran. Geographical Research Quarterly, Vol. 29, pp. 23-42.
18- Momeni, M., Faal Qayyumi, A.2012 Statistical Analysis Using SPSS , Chapter Six, Seventh Edition, Tehran: Ganj Shaygan Publications. (In Persian).
19- Nourbakhsh, Z., Yousefi, H., 2017. Modeling the relationship between environmental variables and groundwater quality in the Tajan plain of Mazandaran province. Quarterly Journal of Hydrogeology, Vol. 2, pp. 68-83.
20- Rasouli, A., Jahanbakhsh, S., Ghasemi, A., 2014. A Study of the Relationship between Important Parameters of Cloud and Daily Rainfall in Iran. Geographical Research Quarterly, Vol. 29, pp. 23-42.
21- Sharon, K., Shinichi, O., Takuya, I., Mitsuyo, S., Masayuki, T., Yusuke, T., Itaru, N., 2021. Nitrate Contamination in Groundwater: Evaluating the Effects of Demographic Aging and Depopulation in an Island with Intensive Citrus Cultivation. Journal of Water, Vol. 14, pp. 23-42.
22- Xinyue, K., Junjun, D., Yuzhong, L., Qiaozhen, L., Lili, M., Chunying, X., Qian, Z., Shan, Z., 2021. Tracing nitrate sources in the groundwater of an intensive agricultural region, Journal of Agricultural Water Management, Vol. 250, pp. 25-43.
23- Wenwen, F., Chao, W., Xiaohui, L., Hao, W., Xueliang, Z., 2022. Istribution of Nitrate Content in Groundwater and Evaluation of Potential Health Risks: A Case Study of Rural Areas in Northern China. Journal of Environmental Research and Public Health, Vol. 24, pp. 30-48.