University of Tehran Press

ECO HYDROLOGY

Home Page: https://ije.ut.ac.ir

Online ISSN: 2423-6101

Investigating the role of different land uses in nitrate changes in groundwater (Case study: Sirjan plain, Kerman, Iran)

Alireza Shahsavari Pour[1] | Alijan Abkar[2] | Hamzeh Saeediyan[3*]

1. Senior expert in watershed management in agricultural jihad management of Sirjan city. Email: alirezashasavaripoor@yahoo.com
2. Assistant Professor, Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kerman Agricultural and Natural Resource Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran. Email: abkar804@yahoo.com
3. Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kerman Agricultural and Natural Resource Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran. Email: Hamzah.4900@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received September 23, 2023
Revised October 23, 2023
Accepted November 22, 2023
Published online 12 December 2023

Keywords:
Land use,
Sirjan plain,
Nitrate content,
Groundwater.

ABSTRACT

Groundwater pollution is severely affected by different land uses, so that it is created widespread contamination in different areas in groundwater and endangers the health of human, livestock and other living organisms. In this study, the nitrate content of 55 water sources in Sirjan plain aquifer was investigated. Then, 5 types of land use were identified in Sirjan plain. Then, the polygon of Sirjan plain was mapped based on 5 types of land use to determine the role of each land use in the amount of groundwater nitrate in Sirjan plain. Then the amount of area and nitrate of different land uses were divided into 7 classes. The results showed that range land use in Sirjan plain has the highest level in aquifer and the lowest level of planting forests in Sirjan plain aquifer. Considering the minimum and maximum nitrate distance in Sirjan plain, the results showed that range land use has a lot of nitrate spatial variability compared to other land uses, and industrial land use has the least spatial variation in nitrate compared to other uses. In general, according to the mean amount of nitrate in Sirjan plain aquifer, the results showed that the minimum nitrate mean in different land uses of Sirjan plain is related to agricultural land use with 7.53 ppm and the maximum nitrate mean in different land uses of Sirjan plain is related to industrial land use with 10.24 ppm and the average nitrate level in planted forests, range and residential land uses with small changes is between agricultural and industrial land uses. In general, among all nitrate classes in Sirjan plain, the results showed that range land use has the highest percentage of land area, and industrial and planted forests land uses have the lowest percentage of land area.

Cite this article: Shahsavari Pour, A.; Abkar, A. & Saeediyan, H. (2023). Investigating the role of different land uses in nitrate changes in groundwater (Case study: Sirjan plain, Kerman, Iran). *ECO HYDROLOGY*.10 (3), 435-447. Doi: doi.org/10.22059/ije.2024.366868.1767

© Alireza Shahsavari Pour, Alijan Abkar, Hamzeh Saeediyan
DOI: http//doi.org/10.22059/ije.2024.366868.1767

Publisher: University of Tehran Press.

انتشارات دانشگاه تهران

آب و هیدرولوژی

سایت نشریه: https://ije.ut.ac.ir/

شاپا الکترونیکی: ۶۱۰۱-۲۴۲۳

بررسی نقش کاربری‌های مختلف اراضی در تغییرات نیترات آب‌های زیرزمینی (مطالعهٔ موردی: دشت سیرجان استان کرمان، ایران)

علیرضا شهسواری‌پور[۱] | علیجان آبکار[۲] | حمزه سعیدیان[۳*]

۱. کارشناس ارشد آبخیزداری مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان سیرجان. رایانامه: alirezashasavaripoor@yahoo.com

۲. استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران. رایانامه: abkar804@yahoo.com

۳. نویسندهٔ مسئول، استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران. رایانامه: Hamzah.4900@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۸/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۹/۲۱

کلیدواژه:
کاربری اراضی،
دشت سیرجان،
میزان نیترات،
آب زیرزمینی.

چکیده

آلودگی آب‌های زیرزمینی به‌شدت تحت تأثیر کاربری‌های مختلف اراضی قرار می‌گیرد، به طوری که در مناطق مختلف آلودگی‌های وسیعی در آب‌های زیرزمینی ایجاد می‌شود و سلامت بشر و دام و سایر موجودات زنده را به خطر می‌اندازد. در این تحقیق میزان نیترات ۵۵ منبع آبی در آبخوان دشت سیرجان بررسی شد. سپس، پلی‌گون‌بندی دشت سیرجان بر اساس ۵ نوع کاربری برای تعیین نقش هر کاربری در میزان نیترات آب زیرزمینی دشت سیرجان ترسیم شد. سپس، میزان درصد مساحت و نیترات کاربری‌های مختلف به ۷ کلاس تقسیم‌بندی شد. نتایج تحقیق نشان داد در دشت سیرجان کاربری مرتع دارای بیشترین سطح در آبخوان و کاربری جنگل‌های دست‌کاشت دارای کمترین سطح در آبخوان دشت سیرجان هستند. با توجه به فاصلهٔ حداقل و حداکثر میزان نیترات در دشت سیرجان، نتایج نشان داد کاربری مرتع دارای تغییرات مکانی نیترات زیادی نسبت به دیگر کاربری‌ها است و کاربری صنعتی کمترین تغییرات مکانی نیترات نسبت به دیگر کاربری‌ها را دارد. به طور کلی، با توجه به میانگین میزان نیترات در آبخوان دشت سیرجان نتایج تحقیق نشان داد حداقل میانگین میزان نیترات در کاربری‌های مختلف دشت سیرجان مربوط به کاربری کشاورزی با ۷/۵۳ ppm است و حداکثر میانگین میزان نیترات در کاربری‌های مختلف دشت سیرجان مربوط به کاربری صنعتی با ۱۰/۲۴ ppm است و میزان میانگین نیترات در کاربری‌های جنگل‌های دست‌کاشت، مرتع و مسکونی با تغییرات اندک بین کاربری‌های کشاورزی و صنعتی هستند. به طور کلی، در بین همهٔ کلاس‌های میزان نیترات در دشت سیرجان نتایج تحقیق نشان داد کاربری مرتع دارای بیشترین درصد مساحت و کاربری‌های صنعتی و جنگل‌های دست‌کاشت دارای کمترین درصد مساحت هستند.

استناد: شهسواری‌پور، علیرضا؛ آبکار، علیجان و سعیدیان، حمزه (۱۴۰۲). بررسی نقش کاربری‌های مختلف اراضی در تغییرات نیترات آب‌های زیرزمینی (مطالعهٔ موردی: دشت سیرجان استان کرمان، ایران). *آب و هیدرولوژی*، ۱۰ (۳) ۴۳۵-۴۴۷.

DOI: http//doi.org/10.22059/ije.2024.366868.1767

© علیرضا شهسواری‌پور، علیجان آبکار، حمزه سعیدیان. **ناشر:** مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: http//doi.org/10.22059/ije.2024.366868.1767

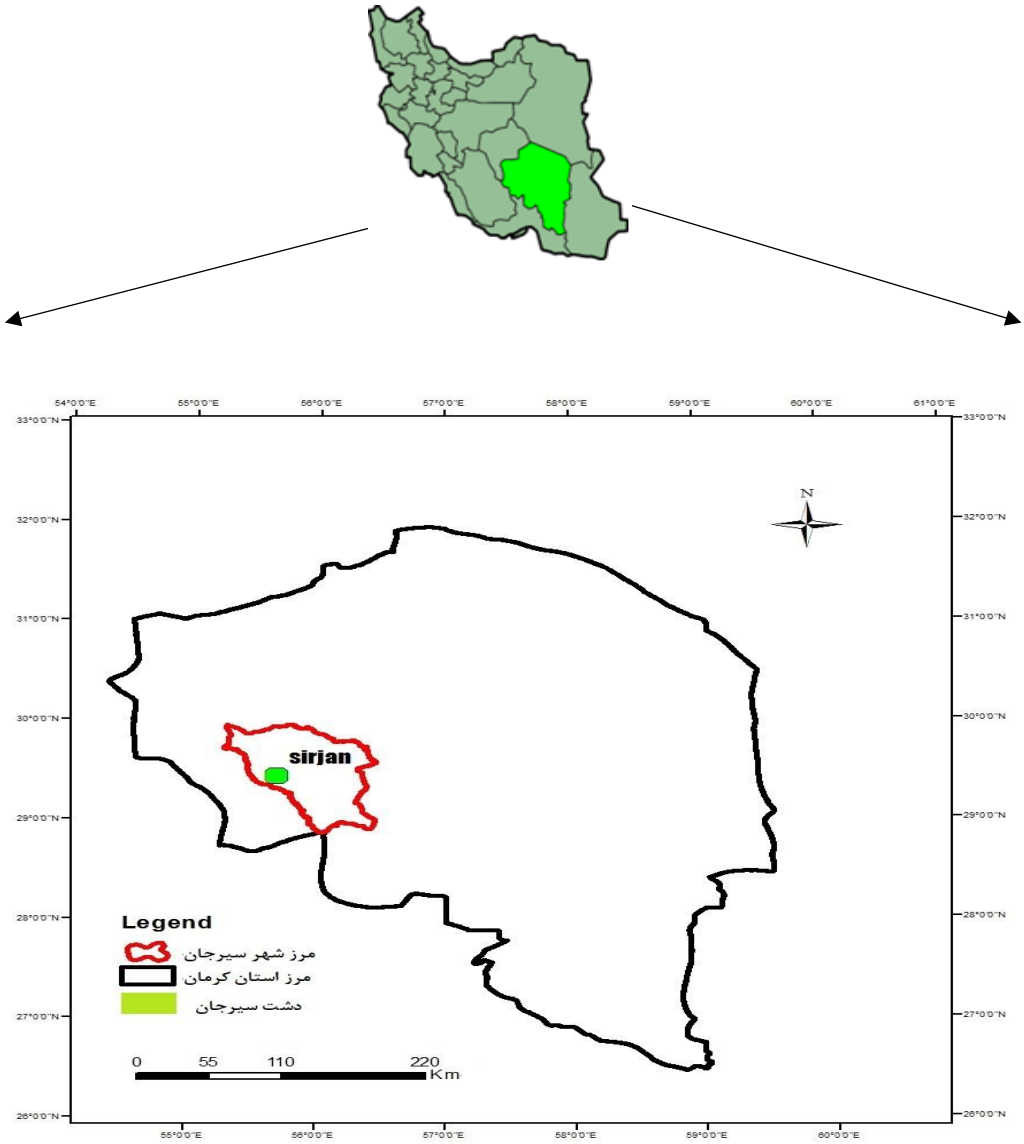
مقدمه

حفاظت از منابع آب زیرزمینی کشور از اهمیت زیادی برخوردار است، بنابراین لازم است آبخوان‌ها از نظر استعداد آلودگی مورد بررسی قرار گیرند و بخش‌های مستعد آلودگی برای محافظت بیشتر از هم تفکیک شوند [۱]. همچنین، پتانسیل تحرک‌پذیری مواد آلایندهٔ حمل‌شده توسط آب زیرزمینی نیز تقریباً با هدایت هیدرولیکی سفره برابر است [۲]. آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی از مهم‌ترین خطراتی محسوب می‌شود که اکوسیستم‌های طبیعی و همچنین، سلامت انسان را تهدید می‌کند [۳]. البته عمق آب زیرزمینی یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر استعداد آلودگی است [۴]. استعداد آلودن شدن آبخوان‌ها با میزان تغذیهٔ آن‌ها ارتباط مستقیم دارد [۵]. تغییرات کاربری اراضی علاوه بر تغییر جریان سطحی بر جریان زیرسطحی و آب‌های زیرزمینی نیز تأثیر می‌گذارند [۶]. شناسایی مناطق آسیب‌پذیر آبخوان و مدیریت کاربری اراضی یکی از راه‌کارهای مناسب برای جلوگیری از آلودگی‌های آب زیرزمینی است [۷]. مفهوم آسیب‌پذیری آب زیرزمینی برای اولین با در اواخر دههٔ ۱۹۶۰ میلادی در کشور فرانسه ارائه شد [۸]. کاربری‌های مختلف در حوضه‌های آبخیز سراسر دنیا نقش بسیار مهمی در تغییرات کمی و کیفی آب‌های زیر زمینی ایفا می‌کنند و باعث تغییرات گسترده‌ای در خصوصیات کیفی آب به‌خصوص میزان نیترات آب می‌شوند. همچنین، تغییرات کاربری اراضی موجب تغییر در مؤلفه‌های مختلف چرخهٔ هیدرولوژیکی نیز می‌شود [۹]. بنابراین، میزان تغذیهٔ آبخوان‌ها و همچنین، حرکت مواد آلاینده در سراسر آبخوان نقش بسیار مهمی می‌تواند در آلودگی آب‌های زیرزمینی ایفا کند. از میان آلاینده‌های متعدد منابع آبی، یکی از مهم‌ترین آن‌ها میزان نیترات است [۱۰]. آنیون نیترات رایج‌ترین یون در فاضلاب‌ها محسوب می‌شود و برای سلامتی انسان بسیار خطرناک است [۱۱]. اگر نیترات جذب گیاه نشود، شسته می‌شود و در نهایت، وارد آب زیرزمینی می‌شود [۱۲ و ۱۳]. همچنین، آنیون نیترات رایج‌ترین آلایندهٔ آب‌های زیرزمینی در جهان محسوب می‌شود [۱۴]. نیترات در آب‌های زیرزمینی یا از منابع نقطه‌ای مانند دفع فاضلاب، دامداری‌ها و یا منابع غیر نقطه‌ای مانند مصرف کود کشاورزی در پارک‌ها، زمین‌های گلف، چمن‌زارها و باغ‌ها نشئت می‌گیرد. امروزه با توجه به اهمیت زیاد آب‌های زیر زمینی در شرب انسان و دام و همچنین، تأثیر بسیار زیاد در سلامتی آن‌ها، تحقیقات مختلفی در میزان تغییرات آلودگی آب‌های زیرزمینی در سراسر دنیا انجام شده است.بیگدلو و خان‌محمدی (۲۰۱۵) نتیجه گرفتند که بیشترین تغییرات کاربری در اراضی دارای پوشش درختی دشت زنجان اتفاق افتاده است که از منابع آب زیرزمینی استفاده می‌کردند و در نتیجه، باعث کاهش سطح آب زیرزمینی در منطقه شده است [۱۵]. اسکندری و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند که ارتباط مؤثری بین تغییر کاربری اراضی و افت آب‌های زیرزمینی وجود دارد [۱۶]. سالاروند و همکاران (۲۰۲۱) بیان کردند که استفادهٔ بی‌رویه از کودهای شیمیایی نیتراته و دفع غیر اصولی فاضلاب‌های انسانی (شهری و روستایی) عامل اصلی آلودگی نیترات و نیتریت در برخی نقاط است [۱۷]. امروزه با پیشرفت صنایع و تکنولوژی، نیاز به آب خیلی بیشتر از گذشته است، ولی منابع آبی روزبه‌روز کاهش می‌یابد و تأمین آب مورد نیاز سخت‌تر می‌شود. از طرف دیگر، آلودگی آب‌های زیرزمینی نیز با پیشرفت این صنایع به‌شدت در حال افزایش است. با توجه به تقاضای روزافزون آب برای مصارف مختلف و ناکافی بودن آب‌های سطحی در دسترس، اهمیت آب‌های زیرزمینی به طور تصاعدی در حال افزایش است [۱۸]. تخمین زده شده است که حدود یک سوم جمعیت جهان از آب زیرزمینی برای نوشیدن استفاده می‌کنند [۱۹]. دشت سیرجان در مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی استان کرمان است و پتانسیل مناسبی در بخش کشاورزی دارد. در این تحقیق به علت اهمیت آب‌های زیرزمینی برای منطقهٔ مورد نظر، به مطالعه و پیش‌بینی کیفیت آب‌های زیرزمینی در دشت سیرجان از نظر تغییرات مکانی نیترات پرداخته شد، چرا که تمامی چاه‌های تأمین‌کنندهٔ آب شرب شهری نیز در دشت واقع شده‌اند. تهیهٔ نقشه‌های کیفی از وضعیت نیترات آب‌های زیرزمینی دشت سیرجان با استفاده از زمین‌آمار، می‌تواند نقطهٔ شروعی برای حل مسائل و تنگناهای موجود مدیریتی در این زمینه بوده و به مدیریت کارآمد این منابع پرارزش منجر خواهد شد. برنامه‌ریزی برای استفاده از منابع آب زیرزمینی و روش‌های نوین آبیاری و بهره‌گیری از فناوری جدید، نقش به‌سزایی در مدیریت منابع آبی دشت سیرجان به عهده دارد. بنابراین، هدف تحقیق حاضر بررسی نقش کاربری‌های مختلف در تغییرات نیترات آب‌های زیرزمینی دشت سیرجان است که به نوبهٔ خود تحقیقی ارزشمند است و از نوآوری‌های این پژوهش نیز محسوب می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مطالعه‌شده

شهرستان سیرجان در فاصلهٔ ۱۸۰ کیلومتری جنوب غربی کرمان واقع شده و از شمال، به شهرستان رفسنجان و شهرستان شهر بابک، از جنوب، به استان هرمزگان؛ از مشرق، به شهرستان‌های بافت و بردسیر و از غرب، به استان فارس محدود است. محدودهٔ مطالعاتی دشت سیرجان با وسعت ۱۲۵۲۷ کیلومتر مربع بین طول‌های ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۶ دقیقهٔ شرقی و عرض‌های ۲۸ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۲۸ دقیقهٔ شمالی قرار دارد. سیرجان بین کوه‌های مرکزی و کوه‌های شرقی زاگرس قرار گرفته و مهم‌ترین ارتفاعات آن شامل کوه پنج، چهار گنبد و کوه عین البقر هستند. از نواحی پست و هموار این شهرستان می‌توان کفه نمک در غرب و دشت حاصل‌خیز ابراهیم‌آباد را در شرق این شهر نام برد.



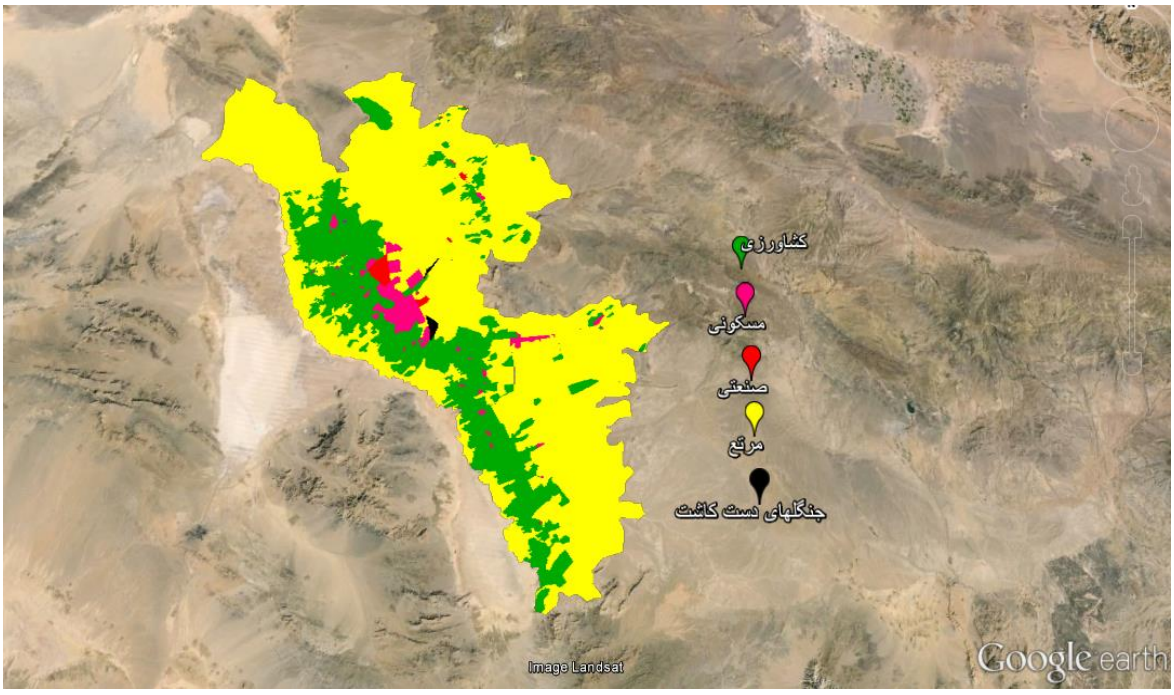
شکل ۱. موقعیت دشت سیرجان روی نقشهٔ استان کرمان و ایران

عمدهٔ تغذیهٔ دشت سیرجان مربوط به حوضه‌ها و مسیل‌های شرق و شمال شرق است. دشت سیرجان دارای سه رودخانهٔ اصلی با رژیم دائمی یا فصلی است که شامل تنگوئیه، اسطور و حسین‌آباد هستند. نظام اقتصادی این منطقه بر پایهٔ فعالیت در بخش کشاورزی استوار است و مشخصه‌های اقتصاد روستایی را دارد. محدودهٔ مطالعاتی دشت سیرجان به وسیلهٔ سه رودخانهٔ

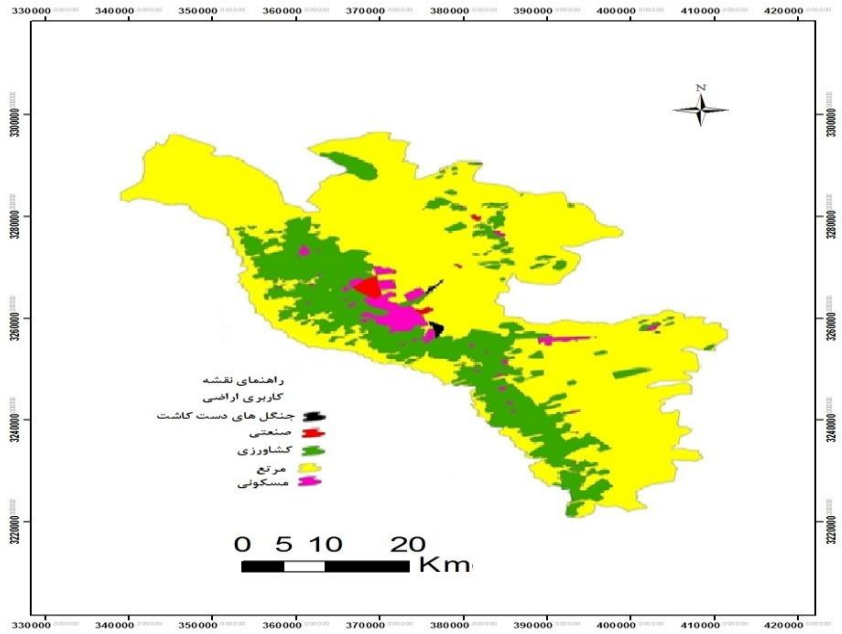
مهم که به نام‌های تنگوئیه، حسین‌آباد و اسطور هستند، تغذیه می‌شود که از ارتفاعاتی که از شمال شرق به شمال غرب کشیده شده‌اند منشأ می‌گیرند. در دشت سیرجان جنس زمین اغلب از نوع مخروط‌افکنه‌های جوان، ماسه بادی و رس است. متوسط ضخامت آبرفت در دشت سیرجان ۱۵۰ متر و حداکثر ۲۵۰ متر است. عمق سنگ کف در شمال و شمال شرقی دشت زیاد است و به سمت جنوب و جنوب غربی دشت کاهش می‌یابد. ابتدا محدودهٔ آبخوان شهرستان بر اساس نقشه‌های رقومی شرکت سهامی آب منطقه‌ای و ترسیم مرز محدوده‌های مطالعاتی روی نقشه ۱/۲۵۰۰۰ تعیین شد. در این تحقیق میزان نیترات ۵۵ منبع آبی در آبخوان دشت سیرجان بررسی شد. سپس، نقشهٔ کاربری اراضی و سایر نقشه‌های مورد نیاز از دشت سیرجان از سازمان‌های مربوطه تهیه شد و ۵ نوع کاربری در آن تشخیص داده شد. سپس، پلی‌گون‌بندی دشت سیرجان بر اساس ۵ نوع کاربری برای تعیین نقش هر کاربری در میزان نیترات آب زیرزمینی دشت سیرجان ترسیم شد. سپس، با استفاده از نرم‌افزار Google Earth دشت سیرجان با ۵ نوع کاربری مسکونی، کشاورزی، صنعتی، مرتعی و جنگل‌های دست کاشت پلی‌گون‌بندی شد که از ۱۲۸ پلی‌گون بسته شده، ۵۷ تا مربوط به کاربری کشاورزی، ۴۳ تا مربوط به کاربری مسکونی، ۶ تا مربوط به کاربری صنعتی،۲۰ تا مربوط به کاربری مرتعی و ۲ تا مربوط به کاربری جنگل‌های دست کاشت است. سپس، درصد سطح پوشش هر یک از کاربری‌های مختلف واقع در دشت سیرجان به دست آمد و میانگین نیترات در کاربری‌های مختلف و ماکزیمم و مینیمم نیترات در هر کاربری مشخص شد و با هم مقایسه شدند. سپس، میزان درصد مساحت و نیترات کاربری‌های مختلف به ۷ کلاس تقسیم‌بندی شدند و سپس، نتایج با هم مقایسه و تجزیه‌وتحلیل شدند. درضمن، برای نمونه‌برداری از بطری‌های پی‌وی‌سی یک لیتری استفاده شد و پس از جمع‌آوری نمونه‌ها تحت شرایط استاندارد به آزمایشگاه منتقل شدند و مورد آنالیز قرار گرفتند. سنجش غلظت یون‌های نیترات در آزمایشگاه با روش تیتراسیون و اسپکتروفتومتری و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد.

نتایج

نتایج تغییرات میزان نیترات منابع آبی مختلف در آبخوان دشت سیرجان در شکل‌های ۲ تا ۷ و جدول‌های ۱ تا ۴ ارائه شده است.



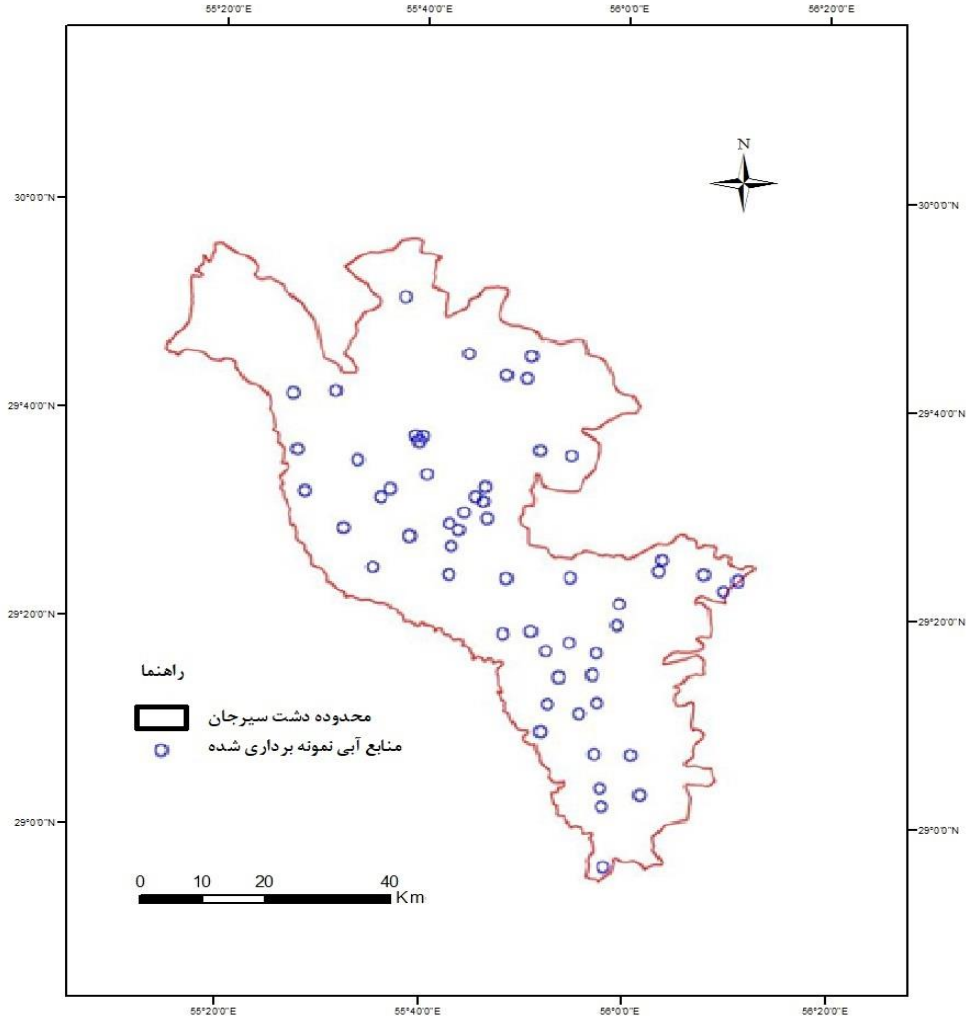
شکل ۲. نقشهٔ پلی‌گون‌بندی‌شدهٔ دشت سیرجان با پنج کاربری مختلف در نرم‌افزار GoogleEarth



شکل ۳. نقشهٔ پلی‌گون‌بندی‌شدهٔ دشت سیرجان با پنج کاربری مختلف در نرم‌افزار Arc GIS

جدول ۱. منابع آبی مورد مطالعه در این تحقیق روی دشت سیرجان

ردیف	نام محل	نیترات	زمان نمونه‌برداری	ردیف	نام محل	نیترات	زمان نمونه‌برداری
۱	اسحاق آباد	۶/۶۳	پاییز ۱۳۹۴	۲۸	عزت آباد	۵/۳۰۴	پاییز ۱۳۹۴
۲	قناتوت	۸/۳۹۸	پاییز ۱۳۹۴	۲۹	عسکر آباد	۶/۲	پاییز ۱۳۹۴
۳	کشکوئیه بلورد	۸/۲۶	پاییز ۱۳۹۴	۳۰	کاظم آباد	۹/۳	پاییز ۱۳۹۴
۴	چاه رضا رحمت	۶/۱۸۸	پاییز ۱۳۹۴	۳۱	امیرآباد سوخک	۶/۱۸۸	پاییز ۱۳۹۴
۵	کهن شهر	۱۲/۳۷۶	پاییز ۱۳۹۴	۳۲	جنب صدا و سیما	۱۳/۲۶	پاییز ۱۳۹۴
۶	قاسم آباد	۹/۷۲۴	پاییز ۱۳۹۴	۳۳	۱۷ کیلومتری شمال سیرجان	۱۷/۶۸	پاییز ۱۳۹۴
۷	کران	۸/۸۴	پاییز ۱۳۹۴	۳۴	شمال شرق سیرجان	۱۴/۵۸۶	پاییز ۱۳۹۴
۸	دوچاهی	۹/۲۸۲	پاییز ۱۳۹۴	۳۵	مهدی آباد زینلی	۱۰/۱۱	پاییز ۱۳۹۴
۹	دارستان	۵/۷۴۶	پاییز ۱۳۹۴	۳۶	موقوفهٔ کرمانیان	۴/۸۷	پاییز ۱۳۹۴
۱۰	زمزرج	۷/۵۱۴	پاییز ۱۳۹۴	۳۷	قنات مهدی آباد	۸/۴۲	پاییز ۱۳۹۴
۱۱	سلطان پیر غیب	۱/۳۲۶	پاییز ۱۳۹۴	۳۸	قنات میاندواب	۱۲/۱۸	پاییز ۱۳۹۴
۱۲	کفریز	۷/۵۱۴	پاییز ۱۳۹۴	۳۹	ده بیابانی زیدآباد	۸/۴۲	پاییز ۱۳۹۴
۱۳	حومهٔ سیرجان	۱۱/۷	پاییز ۱۳۹۴	۴۰	شیله حیدری	۷/۳	پاییز ۱۳۹۴
۱۴	جنب شهرک نصر	۱۰/۹۷	پاییز ۱۳۹۴	۴۱	موتور جلال سلطانی	۶/۶۴	پاییز ۱۳۹۴
۱۵	روبه‌روی صدا و سیما	۱۱/۲۹	پاییز ۱۳۹۴	۴۲	پشته اسبی	۷/۴۸	پاییز ۱۳۹۴
۱۶	جنب کارخانهٔ لاستیک	۱۳/۳	پاییز ۱۳۹۴	۴۳	قیچ آباد خواجویی	۶/۵	پاییز ۱۳۹۴
۱۷	جنب کمربندی کرمان	۱۰/۰۷	پاییز ۱۳۹۴	۴۴	شیله مارانی	۷/۸۸	پاییز ۱۳۹۴
۱۸	حومهٔ شهر	۱۱/۳۹	پاییز ۱۳۹۴	۴۵	محمدکاظم یزدانیـ فرودگاه	۱۱/۱	پاییز ۱۳۹۴
۱۹	دشت شرقی سیرجان	۱۲/۲۳	پاییز ۱۳۹۴	۴۶	محمدیه زیداباد	۷/۹۷	پاییز ۱۳۹۴
۲۰	دشت شرقی سیرجان	۱۲/۹	پاییز ۱۳۹۴	۴۷	خرم آباد احمد گلزاری	۹/۲	پاییز ۱۳۹۴
۲۱	قنات ده قاضی	۱۰/۲	پاییز ۱۳۹۴	۴۸	طاقی مظفر عباسلو	۶/۲	پاییز ۱۳۹۴
۲۲	قنات گوغین بلورد	۷/۶۸	پاییز ۱۳۹۴	۴۹	موتور غلامرضا صفاری	۸/۴۲	پاییز ۱۳۹۴
۲۳	محمدمهدی اصطبهاناتی	۱/۴۸	پاییز ۱۳۹۴	۵۰	قنات یحیی آباد	۷/۲	پاییز ۱۳۹۴
۲۴	ابراهیم آباد رضوی	۶/۱۸۸	پاییز ۱۳۹۴	۵۱	اسلام آباد زید آباد برومند و میرشاهی	۵/۵	پاییز ۱۳۹۴
۲۵	محمود آباد سید	۱۲/۸۱۸	پاییز ۱۳۹۴	۵۲	ملاحاجی	۴/۴۳	پاییز ۱۳۹۴
۲۶	نصرت آباد	۸/۸۴	پاییز ۱۳۹۴	۵۳	جعفر آباد	۶/۴۹	پاییز ۱۳۹۴
۲۷	چاه زهرا	۱۱/۰۵	پاییز ۱۳۹۴	۵۴	قنات فیروزه	۸/۴۷	پاییز ۱۳۹۴
–	–	–	–	۵۵	ده ترکان احمد حکمتی	۶/۳	پاییز ۱۳۹۴



شکل ٤. موقعیت منابع آبی نمونه‌برداری‌شده در دشت سیرجان

جدول ۲. نتایج حاصل از پلی‌گون‌بندی دشت سیرجان با پنج نوع کاربری مختلف

پلی‌گون‌بندی دشت سیرجان با پنج کاربری کشاورزی، مسکونی، صنعتی، مرتع و جنگل‌های دست‌کاشت

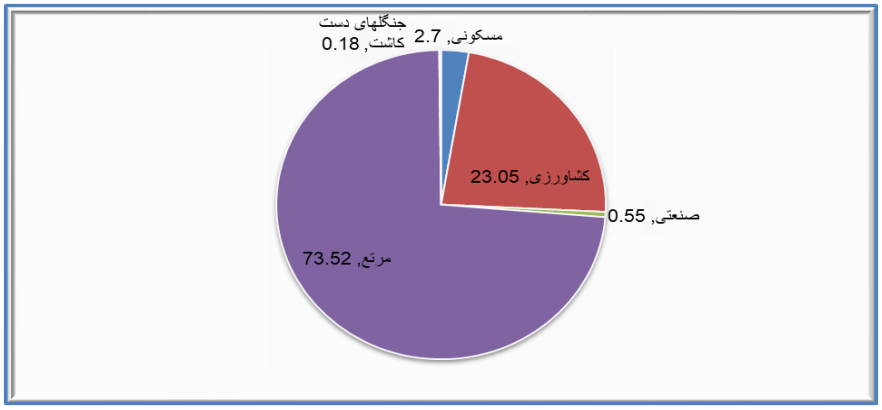
کاربری مسکونی		کاربری کشاورزی		کاربری صنعتی		کاربری مرتع		جنگل‌های دست‌کاشت	
شماره پلیگون	مساحت (کیلومتر مربع)	شماره پلیگون	مساحت (کیلومتر مربع)	شماره پلیگون	مساحت (کیلومتر مربع)	شماره پلیگون	مساحت (کیلومتر مربع)	شماره پلیگون	مساحت (کیلومتر مربع)
1	0.26	4	0.76	39	1.56	2	47	127	5.16
3	0.23	6	5.29	52	0.0174	9	232	128	1.71
5	0.39	11	2.94	53	0.021	14	3.18		
7	6.42	12	37.3	73	15.8	17	7.9		
8	4.93	15	109	76	2.93	18	2		
10	0.13	19	120	83	0.57	20	11.3		
13	0.28	22	1.64			24	0.56		
16	0.21	23	95			25	0.85		
21	0.39	26	6.23			30	90		
29	7.91	27	1.31			31	833		
36	0.11	28	1.64			78	637		
38	0.1	32	0.67			87	58		
48	0.4	33	0.92			88	201		
54	0.32	34	0.15			89	447		
57	4.57	35	0.32			97	4.3		
59	1.5	37	0.25			101	0.25		
61	50.8	40	1.8			104	1.39		

ادامهٔ جدول ۲.

شماره پلیگون	مساحت (کیلومتر مربع)	شماره پلیگون	مساحت (کیلومتر مربع)	شماره پلیگون	مساحت (کیلومتر مربع)	شماره پلیگون	مساحت (کیلومتر مربع)	شماره پلیگون	مساحت (کیلومتر مربع)
69	0.1	41	0.019			111	44.2		
67	2.47	42	0.48			115	132		
68	1.29	43	2.66			118	2		
72	2.95	44	0.65						
74	0.25	45	0.41						
75	0.55	46	7						
77	0.5	47	1.52						
79	0.55	49	3						
80	1	50	6.9						
81	0.72	51	0.17						
82	0.37	55	1.95						
84	0.95	56	0.59						
90	0.95	58	4.11						
91	0.28	60	2.9						
92	0.23	62	3.67						
98	1	63	1.9						
99	0.1	64	8.9						
100	0.18	65	2.5						
102	0.0346	66	0.8						
108	0.2	70	0.38						
112	1.68	71	28						
113	0.15	85	2.37						
116	0.16	86	1.93						
117	0.041	93	39						
119	5.32	94	7.79						
123	0.1	95	1.29						
		96	5.85						
		103	40.8						
		105	1.38						
		106	145						
		107	0.95						
		109	146						
		110	0.29						
		114	0.33						
		120	1.7						
		121	3						
		122	0.68						
		124	0.65						
		125	0.54						
		126	0.76						
جمع	101.0756		864.039		20.8984		2754.93		6.87
جمع کل					3746.9643کیلومترمربع				

جدول ۳. درصد سطح پوشش هریک از کاربری‌های مختلف در دشت سیرجان

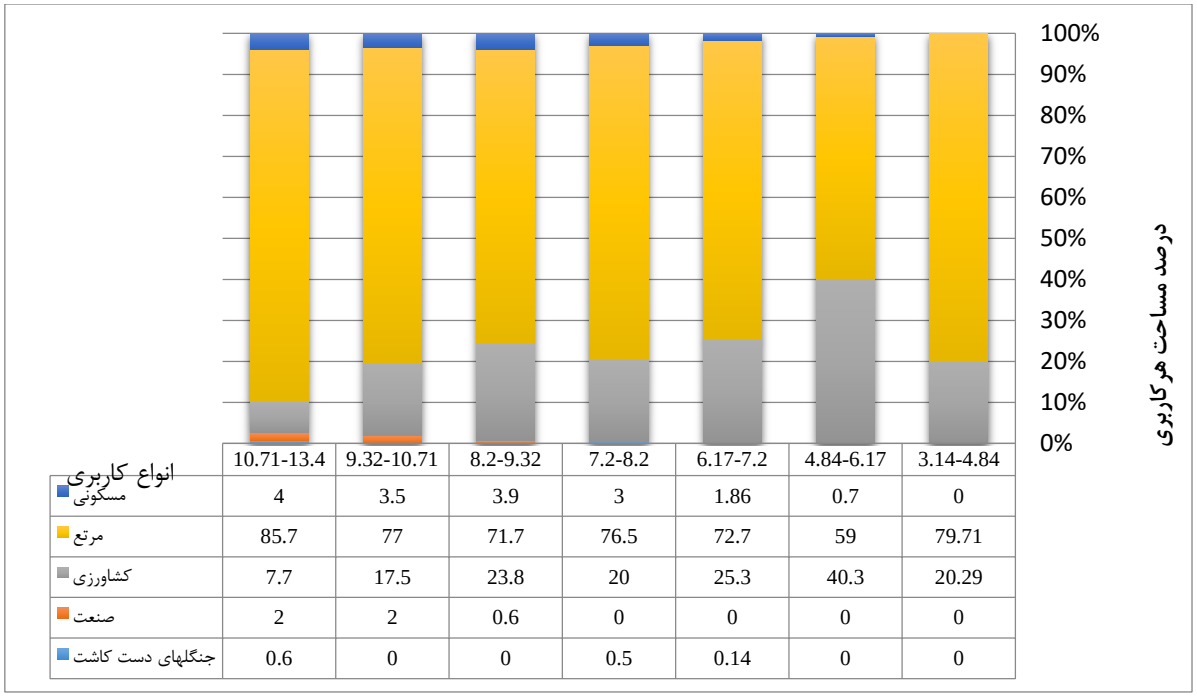
نام کاربری	مسکونی	کشاورزی	صنعتی	مرتع	جنگل‌های دست‌کاشت
درصد تحت پوشش	۲/۷	۲۳/۰۵	۰/۵۵	۷۳/۵۲	۰/۱۸



شکل ۵. درصد سطح پوشش هریک از کاربری‌های مختلف در دشت سیرجان

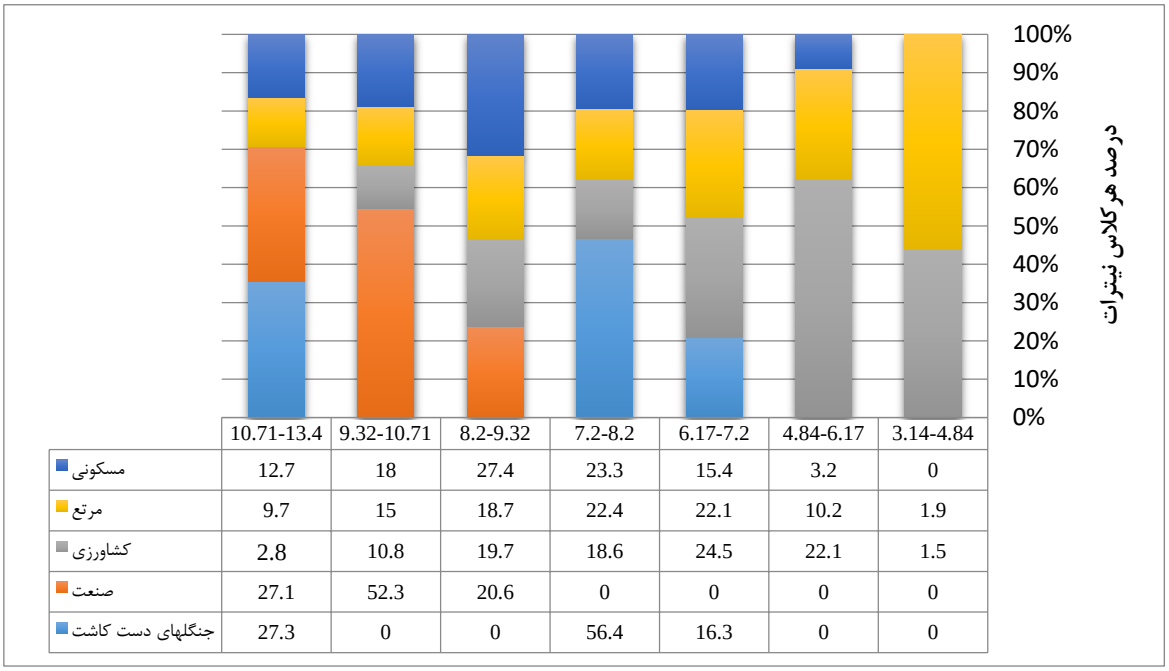
جدول ٤. میانگین میزان نیترات در کاربری‌های مختلف در دشت سیرجان

نوع کاربری	مینیمم نیترات (ppm)	ماکزیمم نیترات (ppm)	میانگین نیترات (ppm)
جنگل‌های دست‌کاشت	۷/۳۸	۱۱/۹۱	۸/۶۹
صنعتی	۸/۷۴	۱۱/۱۹	۱۰/۲۴
کشاورزی	۴/۵۴	۱۲/۲	۷/۵۳۴۸۷۳
مرتع	۴/۲۵	۱۳/۴	۸/۱۴۷۷۳۵
مسکونی	۶/۱۵	۱۲/۳۸	۸/۷۳۷۰۱۸



انواع کاربری	10.71-13.4	9.32-10.71	8.2-9.32	7.2-8.2	6.17-7.2	4.84-6.17	3.14-4.84
مسکونی	4	3.5	3.9	3	1.86	0.7	0
مرتع	85.7	77	71.7	76.5	72.7	59	79.71
کشاورزی	7.7	17.5	23.8	20	25.3	40.3	20.29
صنعت	2	2	0.6	0	0	0	0
جنگلهای دست کاشت	0.6	0	0	0.5	0.14	0	0

شکل ٦. درصد مساحت انواع کاربری‌های مختلف دشت سیرجان در کلاس‌های مختلف نیترات



	10.71-13.4	9.32-10.71	8.2-9.32	7.2-8.2	6.17-7.2	4.84-6.17	3.14-4.84
مسکونی	12.7	18	27.4	23.3	15.4	3.2	0
مرتع	9.7	15	18.7	22.4	22.1	10.2	1.9
کشاورزی	2.8	10.8	19.7	18.6	24.5	22.1	1.5
صنعت	27.1	52.3	20.6	0	0	0	0
جنگلهای دست کاشت	27.3	0	0	56.4	16.3	0	0

شکل ۷. درصد کلاس‌های مختلف نیترات در هر یک از انواع کاربری‌های دشت سیرجان

بحث

آبخوان دشت سیرجان یکی از آبخوان‌های مهم استان کرمان است که نتایج تحقیق نشان داد کاربری‌های مختلف موجود در آن نقش بسیار مهمی در آلودگی آبخوان دارند. در دشت سیرجان ۵ نوع کاربری مسکونی با سطح ۲/۷ درصد، کاربری کشاورزی با سطح ۲۳/۰۵ درصد، کاربری صنعتی با سطح ۰/۵۵ درصد، کاربری مرتع با سطح ۷۳/۵۲ درصد و جنگل‌های دست‌کاشت با سطح ۰/۱۸ درصد وجود دارد که کاربری مرتع دارای بیشترین سطح در آبخوان دشت سیرجان و کاربری جنگل‌های دست‌کاشت دارای کمترین سطح در آبخوان دشت سیرجان هستند. نتایج تحقیق نشان داد حداقل میزان نیترات در کاربری جنگل‌های دست‌کاشت ۷/۳۸ppm و در کاربری صنعتی ۸/۷۴ ppm و در کاربری کشاورزی ۴/۵۴ ppm و کاربری مرتع ۴/۲۵ ppm و در کاربری مسکونی ۶/۱۵ ppm است. بنابراین، در میان حداقل‌های میزان نیترات کاربری‌های مختلف، کاربری مرتع دارای کمترین میزان نیترات در آبخوان دشت سیرجان است. نتایج تحقیق نشان داد حداکثر میزان نیترات در کاربری جنگل‌های دست‌کاشت ۱۱/۹۱ppm و در کاربری صنعتی ۱۱/۱۹ ppm و در کاربری کشاورزی ۱۲/۲ ppm و کاربری مرتع ۱۳/۴ ppm و در کاربری مسکونی ۱۲/۳۸ ppm است. بنابراین، در میان بیشترین میزان نیترات کاربری‌های مختلف، کاربری مرتع دارای حداکثر میزان نیترات در آبخوان دشت سیرجان است. با توجه به فاصلهٔ حداقل و حداکثر میزان نیترات در دشت سیرجان نتایج نشان داد کاربری مرتع دارای تغییرات مکانی نیترات زیادی نسبت به دیگر کاربری‌ها است و کاربری صنعتی دارای کمترین تغییرات مکانی نیترات نسبت به دیگر کاربری‌ها است. بنابراین، به طور کلی میزان تغییرات نیترات در آب‌های زیرزمینی دشت سیرجان به علت وجود کاربری‌های مختلف کاملاً مشهود است که با نتایج تحقیق رقیمی و همکاران (۲۰۱۴) که معتقد است تغییرات قابل توجهی در میزان نیترات آب‌های زیرزمینی منابع تأمین آب شرب شهر گرگان وجود دارد، مطابقت دارد [۲۰]. به طور کلی با توجه به میانگین میزان نیترات در آبخوان دشت سیرجان نتایج تحقیق نشان داد حداقل میانگین میزان نیترات در کاربری‌های مختلف دشت سیرجان مربوط به کاربری کشاورزی با ۷/۵۳ ppm است که علت آن احتمالاً به استفادهٔ کمتر از کودهای شیمیایی در این کاربری توسط کشاورزان برمی‌گردد و با نتایج تحقیق Avsati و همکاران (۲۰۱۳) که معتقد است غلظت نیترات در مناطق با قابلیت نفوذ بالا و شیب کم در کاربری کشاورزی آب‌های زیرزمینی منطقهٔ دشت کردان بالاترین مقادیر را دارد، مغایرت دارد [۲۱]. حداکثر میانگین میزان نیترات در کاربری‌های مختلف دشت سیرجان مربوط به کاربری صنعتی با ۱۰/۲۴ ppm است که احتمالاً به استفادهٔ بیشتر مواد مختلف دارای نیترات و حتی وجود فاضلاب‌ها و پساب‌ها در این کاربری برمی‌گردد که با نتایج تحقیق ایمان‌دل و همکاران (۲۰۰۰) که معتقدند میزان نیترات و نیتریت در چاه‌های واحدهای صنعتی منطقهٔ غرب تهران بیش از استاندارد سازمان جهانی بهداشت است، مطابقت دارد [۲۲]. میزان میانگین نیترات در کاربری‌های جنگل‌های دست‌کاشت، مرتع و مسکونی با تغییرات اندک بین کاربری‌های کشاورزی و صنعتی هستند. سپس، نتایج تقسیم‌بندی کاربری‌های مختلف به ۷ کلاس مختلف میزان نیترات در دشت سیرجان نشان داد در کلاس نیترات ۳/۱۴ تا ۴/۸۴ بیشترین درصد مساحت مربوط به کاربری مرتع با ۷۹/۷۱ درصد و کمترین درصد مساحت مربوط به کاربری‌های مسکونی، صنعتی و جنگل‌های دست‌کاشت با ۰ درصد مساحت است. همچنین، در کلاس نیترات ۴/۸۴ تا ۶/۱۷ بیشترین درصد مساحت مربوط به کاربری مرتع با ۵۹ درصد و کمترین درصد مساحت مربوط به کاربری‌های صنعتی و جنگل‌های دست‌کاشت با ۰ درصد مساحت است. همچنین، در کلاس نیترات ۶/۱۷ تا ۷/۲ بیشترین درصد مساحت مربوط به کاربری مرتع با ۷۲/۷ درصد و کمترین درصد مساحت مربوط به کاربری صنعتی با ۰ درصد مساحت است. همچنین، در کلاس نیترات ۷/۲ تا ۸/۲ بیشترین درصد مساحت مربوط به کاربری مرتع با ۷۶/۵ درصد و کمترین درصد مساحت مربوط به کاربری‌های صنعتی با ۰ درصد مساحت است. همچنین، در کلاس نیترات ۸/۲ تا ۹/۳۲ بیشترین درصد مساحت مربوط به کاربری مرتع با ۷۱/۷ درصد و کمترین درصد مساحت مربوط به کاربری جنگل‌های دست‌کاشت با ۰ درصد مساحت است. همچنین، در کلاس نیترات ۹/۳۲ تا ۱۰/۷۱ بیشترین درصد مساحت مربوط به کاربری مرتع با ۷۷ درصد و کمترین درصد مساحت مربوط به کاربری جنگل‌های دست‌کاشت با ۰ درصد مساحت است. همچنین، در کلاس نیترات ۱۰/۷۱ تا ۱۳/۴ بیشترین درصد مساحت مربوط به کاربری مرتع با ۸۵/۷ درصد و کمترین درصد مساحت مربوط به کاربری جنگل‌های دست‌کاشت با ۰/۶ درصد مساحت است. همچنین، نتایج تحقیق نشان داد در کاربری مسکونی بیشترین

درصد مساحت در کلاس نیترات ۱۰/۷۱ تا ۱۳/۴ است و کمترین درصد مساحت در کلاس نیترات ۳/۱۴ تا ۴/۸۴ است. همچنین در کاربری مرتع بیشترین درصد مساحت در کلاس نیترات ۱۰/۷۱ تا ۱۳/۴ است و کمترین درصد مساحت در کلاس نیترات ۴/۸۴ تا ۶/۱۷ است. همچنین، در کاربری کشاورزی بیشترین درصد مساحت در کلاس نیترات ۴/۸۴ تا ۶/۱۷ است و کمترین درصد مساحت در کلاس نیترات ۱۰/۷۱ تا ۱۳/۴ است. همچنین، در کاربری صنعتی بیشترین درصد مساحت در کلاس نیترات ۹/۳۲ تا ۱۰/۷۱ و ۱۰/۷۱ تا ۱۳/۴ است و کمترین درصد مساحت در کلاس نیترات ۳/۱۴ تا ۴/۸۴ و ۴/۸۴ تا ۶/۱۷ و ۶/۱۷ تا ۷/۲ و ۷/۲ تا ۸/۲ است. همچنین، در کاربری جنگل‌های دست‌کاشت بیشترین درصد مساحت در کلاس نیترات ۱۰/۷۱ تا ۱۳/۴ است و کمترین درصد مساحت در کلاس نیترات ۳/۱۴ تا ۴/۸۴ و ۴/۸۴ تا ۶/۱۷ و ۸/۲ تا ۹/۳۲ و ۹/۳۲ تا ۱۰/۷۱ است. سپس، نتایج تقسیم‌بندی کاربری‌های مختلف به ۷ کلاس مختلف میزان نیترات در دشت سیرجان نشان داد در کلاس نیترات ۳/۱۴ تا ۴/۸۴ بیشترین درصد میزان نیترات مربوط به کاربری مرتع با ۱/۹ درصد و کمترین درصد میزان نیترات مربوط به کاربری‌های مسکونی، صنعتی و جنگل‌های دست‌کاشت با ۰ درصد میزان نیترات است. همچنین، در کلاس نیترات۴/۸۴ تا ۶/۱۷ بیشترین درصد میزان نیترات مربوط به کاربری کشاورزی با ۲۲/۱ درصد و کمترین درصد میزان نیترات مربوط به کاربری‌های صنعتی و جنگل‌های دست‌کاشت با ۰ درصد میزان نیترات است. همچنین، در کلاس نیترات ۶/۱۷ تا ۷/۲ بیشترین درصد میزان نیترات مربوط به کاربری کشاورزی با ۲۴/۵ درصد و کمترین درصد میزان نیترات مربوط به کاربری صنعتی با ۰ درصد میزان نیترات است. همچنین، در کلاس نیترات ۷/۲ تا ۸/۲ بیشترین درصد میزان نیترات مربوط به کاربری جنگل‌های دست‌کاشت با ۵۶/۴ درصد و کمترین درصد میزان نیترات مربوط به کاربری‌های صنعتی با ۰ درصد میزان نیترات است. همچنین، در کلاس نیترات ۸/۲ تا ۹/۳۲ بیشترین درصد میزان نیترات مربوط به کاربری مسکونی با ۲۷/۴ درصد و کمترین درصد میزان نیترات مربوط به کاربری جنگل‌های دست‌کاشت با ۰ درصد میزان نیترات است. همچنین، در کلاس نیترات ۹/۳۲ تا ۱۰/۷۱ بیشترین درصد میزان نیترات مربوط به کاربری صنعتی با ۵۲/۳ درصد و کمترین درصد میزان نیترات مربوط به کاربری جنگل‌های دست‌کاشت با ۰ درصد میزان نیترات است. همچنین، در کلاس نیترات ۱۰/۷۱ تا ۱۳/۴ بیشترین درصد میزان نیترات مربوط به کاربری جنگل‌های دست‌کاشت با ۲۷/۳ درصد و کمترین درصد میزان نیترات مربوط به کاربری کشاورزی با ۰ درصد میزان نیترات است. همچنین، نتایج تحقیق نشان داد در کاربری مسکونی بیشترین درصد میزان نیترات در کلاس نیترات ۸/۲ تا ۹/۳۲ است و کمترین درصد میزان نیترات در کلاس نیترات ۳/۱۴ تا ۴/۸۴ است. در کاربری مرتع بیشترین درصد میزان نیترات در کلاس نیترات ۷/۲ تا ۸/۲ است و کمترین درصد میزان نیترات در کلاس نیترات ۳/۱۴ تا ۴/۸۴ است. در کاربری کشاورزی بیشترین درصد میزان نیترات در کلاس نیترات ۶/۱۷ تا ۷/۲ است و کمترین درصد میزان نیترات در کلاس نیترات ۳/۱۴ تا ۴/۸۴ است. همچنین، در کاربری صنعتی بیشترین درصد میزان نیترات در کلاس نیترات ۹/۳۲ تا ۱۰/۷۱ است و کمترین درصد میزان نیترات در کلاس نیترات ۳/۱۴ تا ۴/۸۴ و ۴/۸۴ تا ۶/۱۷ و ۶/۱۷ تا ۷/۲ و ۷/۲ تا ۸/۲ است. همچنین، در کاربری جنگل‌های دست‌کاشت بیشترین درصد میزان نیترات در کلاس نیترات ۷/۲ تا ۸/۲ است و کمترین درصد میزان نیترات در کلاس نیترات ۳/۱۴ تا ۴/۸۴ و ۴/۸۴ تا ۶/۱۷ و ۸/۲ تا ۹/۳۲ و ۹/۳۲ تا ۱۰/۷۱ است. بنابراین، نتایج تحقیق نشان داد نقش کاربری‌های مختلف در میزان تغییرات نیترات به عنوان یکی از آلاینده‌های مهم آب‌های زیرزمینی کاملاً واضح و روشن است و نیاز است بر منابع مختلف ایجاد نیترات نظارت جدی شود، زیرا از میان همهٔ آلاینده‌های آب‌های زیرزمینی، نیترات به علت انحلال‌پذیری بالا، خطر آلودگی این منابع را محتمل کرده است [۲۳ و ۲۴].

نتیجه‌گیری

نقش کاربری‌های مختلف در میزان آلودگی منابع آبی آبخوان‌های مختلف در حوضه‌های آبخیز کاملاً مشهود است که در این تحقیق میزان تغییرات نیترات در منابع آبی مختلف و در کاربری‌های متفاوت این مهم را نشان داد. نتایج تحقیق نشان داد در دشت سیرجان کاربری مرتع دارای بیشترین سطح در آبخوان و کاربری جنگل‌های دست‌کاشت دارای کمترین سطح در آبخوان دشت سیرجان هستند. با توجه به فاصلهٔ حداقل و حداکثر میزان نیترات در دشت سیرجان نتایج نشان داد کاربری مرتع دارای تغییرات مکانی نیترات زیادی نسبت به دیگر کاربری‌ها است و کاربری صنعتی کمترین تغییرات مکانی نیترات نسبت به دیگر

کاربری‌ها را دارد. به طور کلی، با توجه به میانگین میزان نیترات در آبخوان دشت سیرجان نتایج تحقیق نشان داد حداقل میانگین میزان نیترات در کاربری‌های مختلف دشت سیرجان مربوط به کاربری کشاورزی با ۷/۵۳ ppm است و حداکثر میانگین میزان نیترات در کاربری‌های مختلف دشت سیرجان مربوط به کاربری صنعتی با ۱۰/۲۴ ppm است و میزان میانگین نیترات در کاربری‌های جنگل های دست کاشت، مرتع و مسکونی با تغییرات اندک بین کاربری‌های کشاورزی و صنعتی هستند. به طور کلی، در بین همهٔ کلاس‌های میزان نیترات در دشت سیرجان نتایج تحقیق نشان داد کاربری مرتع دارای بیشترین درصد مساحت و کاربری‌های صنعتی و جنگل‌های دست‌کاشت دارای کمترین درصد مساحت هستند. بنابراین، با توجه به نقش بسیار مهم کاربری‌های مختلف در میزان آلودگی آب‌های زیرزمینی توصیه می‌شود که نظارت بیشتری بر تغییرات کاربری اراضی در آبخوان‌های مختلف سراسر کشور به‌خصوص آبخوان دشت سیرجان صورت گیرد تا از آلودگی بیشتر آبخوان‌های مختلف سراسر کشور جلوگیری به عمل آید.

منابع

[1].Abbasnejad, A., Ahmadi-Afzadi, H., Abbasnejad, B. Assessment of Groundwater Pollution in Sirjan Plain Using Drastic Index in ArcGIS Environment, Journal of Water and Soil Modeling and Management. 2023; 4:1-14. (In Persian)

[2].Civita, M and De, Maio, M. Mapping groundwater vulnerability in areas impacted by flash food disasters. Bull. GEAM. 1995; 32(4): 233-238.

[3].Fathi, N., Rahnama, M., B., Zo Nemat Kermani, M. Investigation of Spatiotemporal Distribution of Arsenic Concentration in Groundwater Resources of Sirjan Plain, Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 2019; 13(3): 677-686. (In Persian)

[4].Ghanbari, A. Investigating the vulnerability of Khanj plain aquifer-Larestan fissure using DRASTIC model. *Physical Geography Quarterly*. 2020; 13(47), 95-115 (in Persian).

[5].Nakhaei, M., Amiri, V., & Rahimi - Shahrebabaki, M. Assessment of groundwater vulnerability and sensitivity analysis in Khatoon Abad aquifer using a GIS based DRASTIC model. *Advanced Applied Geology*. 2013; 3(2), 1-10 (in Persian).

[6].Palamuleni, L.G., Ndomba, P.M., & Annegarn, H.J. Evaluating land cover change and its impact on hydrological regime in Upper Shire River catchment, Malawi. Journal of Regional Environmental Change. 2011; 11 (4): 845-855.

[7].Rahnama, M., B., Yavarizadeh, N. Zoning of Sirjan Aquifer Pollution Potential Using DRASTIC Model in GIS, The First National Conference on Sustainable Development in Arid and Semi-Arid Regions, Abarkooh. 2012; Pp. 1-10. (In Persian)

[8].Vrba, J. and Zoporozec A. Guidebook on mapping groundwater vulnerability. IAH International Contribution for Hydrogeology, 1994; 16. Hannover7 Heise, 131.

[9].Yari, M., Soltani Gerdfaramarzi, S., Ghasemi, M. Investigating the role of land use change in flood hydrograph and groundwater level fluctuations in a part of Gharehsou watershed, Geography and environmental hazards. 2019; 31:41-58. (In Persian)

[10]. Moghadasi, M., S., Alavi Moghadam, M, R., Maknoon, R., Moghadasi, A., R. Survey of public awareness of Arak city people about nitrate contamination of drinking water, Journal of Environmental Sciences. 2006; 4(2): 13-20. (In Persian)

[11]. Walter, D. A. Use of Numerical Models to Simulate Transport of Sewage-Derived Nitrate in a Coastal Aquifer, Central and Western Cape Cod, Massachusetts. 2008; Virginia: U.S. Geological Survey. P. 41.

[12]. Fernando,T.W. and David, N. L. Non-agricultural sources of groundwater nitrate: a review and case study. J. Water Research. 2004; vol.13, NO.39, 3-16.

[13]. Wakida, F.T. and Lerner, D. N. Nitrate leaching from construction sites to groundwater in the Nottingham, UK, urban area. J. Water Science and Technology, 2002; vol. 5, NO.9. 243-248.

[14]. Erwin, M.L., & Tesoriero, A.J. Predicting ground-water vulnerability to nitrate in the Puget Sound Basin". U.S. Geological Survey Fact Sheet. 1997; 061-97, P.4.

[15]. Bigdeloo, S, Khan Mohammadi, M. The Relationship between Land Use Changes and Groundwater Level Drop in Zanjan Plain, First National Conference on Natural Environment, 2015; 13 Pp. (In Persian)

[16]. Eskanderi, T., Malekmohammadi, B., Sadat, M., Mashonaghi, M. Investigating the Effect of Land Use Change on Groundwater Level Drop Using Regional Statistical Function (Case Study: Ardabil Plain), 2nd International Congress on Earth Sciences and Urban Development,2016; 11 Pp. (In Persian)

[17]. Salarvand A, Varvani J, Baghaie AH, Abdi N, Chamanpira R. Groundwater Vulnerability potential and Health-risk assessment related to nitrate and nitrite, in the drinking water in the Azna-Aligudarz Plain. 2021; 23(3):89-105.

[18]. Navin, T., Jagath, K. Sustainability of ground water quality considering land use changes and public health risks. Environmental Management. 2006; 81.405-419.

[19]. Jalali, M. Nitrate pollution of groundwater in Toyserkan, western Iran. Environ Earth Science. 2011; 62: 907-913.

[20]. Raghimi, M., Ramezani Mojaveri. M., Seyed Khadami, M. Source of Nitrate Pollution in Gorgan City Groundwater, Scientific Journal of Gorgan University of Medical Sciences. 2014; 10(4): 34-39.

[21]. Avsati, K., Selajgeh, A., Arkhi, S. Spatial changes of nitrate content in groundwater with geostatistics (a case study: Kurdan Plain), Journal of Range and watershed management, 2013; 65(4): 461-472.

[22]. Imandel, K, Farshad, AA, Mir-abdollah L. Increasing trend of nitrate concentrations of Tehran southwest groundwater aquifer of Iran. Iranian Journal of Public Health.2000; 29 (4): 43 – 54.

[23]. Adimalla N, Li P, Venkatayogi S. Hydrogeochemical evaluation of groundwater quality for drinking and irrigation purposes and integrated interpretation with water quality index studies. Environ Process. 2018; 5(2): 83 – 363.

[24]. WHO. Guidelines for drinking water quality: the fourth edition incorporating the first Addendum. 2017; 978 – 92 – 4 - 154995-0.