پژوهش‌های محیط‌زیست، سال 4، شماره 8، پاییز و زمستان 1392، از صفحه 15 تا 24

بررسی رابطه بین تغییرات کاربری اراضی و کیفیت منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز قره‌سو، استان گلستان)

بهناز راحلی نمین[1]، عبدالرسول سلمان‌ماهینی*[2]

1 دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس، نور
2 دانشیار دانشکده شیلات و محیط‌زیست ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: 1390/4/27؛ تاریخ تصویب: 1392/11/21)

چکیده

در این مطالعه، با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی به ارزیابی اثر تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین بر کیفیت منابع آب زیرزمینی پرداخته شده است. لایه‌های ورودی برای اجرای مدل شبکه عصبی شامل نقشه‌های کاربری اراضی، فاصله از جاده، مناطق مسکونی و رودخانه، تراکم جمعیت و سطح زیر کشت محصولات کشاورزی، سطح آب زیرزمینی، خاک‌شناسی و زمین‌شناسی است. لایه خروجی، میزان هر یک از پارامترهای کیفیت آب (کلراید، نیترات، سولفات و ذرات جامد معلق) بر اساس نقشه موقعیت چاه‌های پیزومتری است. مدل شبکه عصبی برای نیترات با استفاده از داده‌های سال 2002 و 2008 و برای سایر پارامترهای کیفی با داده‌های سال 1992و 2008 میلادی، اجرا شد. نتایج این مطالعه بیان‌گر نقش عوامل زمین‌شناسی، خاک‌شناسی و نیز سطح زیر کشت محصولات در کیفیت آب بوده است. نقش فاصله از رودخانه، افزایش جمعیت و مناطق مسکونی در زمان حال محسوس‌تر شده است. با استفاده از نتایج این پژوهش، می‌توان به مدیریت کیفیت آب‌های زیرزمینی در شرایط کنونی و برنامه‌های توسعه آینده پرداخت.

کلید واژه‌ها: تغییرات کاربری، کیفیت آب زیرزمینی، شبکه عصبی مصنوعی، قره‌سو

* نویسنده مسوول: A_mahini@yahoo.com Email:

سرآغاز

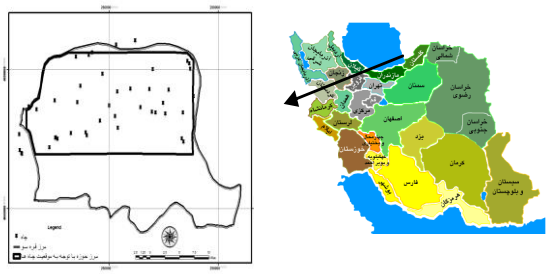
آب‌های زیرزمینی در قیاس با آب‌های سطحی دارای مزیت‌های مختلفی مانند کیفیت بالاتر و آلودگی کمتر هستند. مطالعه کمیت و کیفیت این منابع و رابطه خاص آن با ویژگی‌های سطح زمین، کمترین و حداقل تلاش در مورد حفاظت از این منابع ارزشمند خواهد بود (Thomas & Tellam, 2005). تغییرات کاربری اراضی، بهره‌برداری بیش از حد خاک، استفاده مداوم از منابع آب سطحی و زیرزمینی و استفاده از مواد شیمیایی در کشاورزی (کودها و آفت‌کش‌ها) اثرات منفی معنی‌داری بر محیط‌زیست دارد (Vito et al., 2003). امروزه با پیشرفت صنایع، افزایش جمعیت و عدم کنترل مناسب محیط‌زیستی، خطرات زیادی از نظر آلودگی آب‌ها به‌وجود آمده است (کردوانی، 1371). منابع آلوده‌کننده اکوسیستم‌های آبی به دو دسته طبیعی و انسانی (مصنوعی) تقسیم می‌شود. منابع طبیعی آلوده‌کننده آب شامل جنس سنگ بستر و فرآیندهای بیوژئوشیمیایی است. منابع مصنوعی به‌طورکلی از طریق نوع منبع آلودگی شناسایی می‌شوند و شامل انتقال آلودگی به گونه‌ای هستند که آثار بزرگی روی کاربری زمین توسط بشر و تغییرات آن دارند (Sherestha et al., 2007). منابع مصنوعی آلوده‌کننده آب به دو دسته نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای تقسیم می‌شوند. منابع نقطه‌ای آلودگی آب شامل ورود فاضلاب‌های شهری یا صنعتی است. بارزترین منابع آلودگی غیرنقطه‌ای مواد شیمیایی کشاورزی، کودها و نمک‌هایی هستند که بر اثر آبیاری مزارع شسته می‌شوند و به منابع آبی وارد می‌شوند (رفاهی، 1380؛ Sthiannopkao et al., 2006; Church & Granato, 2006). کنترل منابع غیرنقطه‌ای نیز بسیار مشکل و تنها از طریق کارهای مدیریتی و کنترل فرسایش امکان‌پذیر است (Martinez et al., 2006). محققان مختلف، تحقیقات گسترده‌ای را در زمینه اثر کاربری اراضی و پوشش سطح زمین ونیز تغییرات آن بر کیفیت منابع آب زیرزمینی انجام داده‌اند. طی مطالعه‌ای (Withers & Lord, 2002)، ورود مواد مغذی استفاده شده در فعالیت‌های کشاورزی را به رودخانه‌ها و منابع آب زیرزمینی انگلیس بررسی شده است. براساس بررسی‌های انجام شده، رهاسازی نیتروژن و فسفر در پساب‌های کشاورزی می‌تواند منجر به کاهش کیفیت آب و نیز افزایش خطر برای سلامتی انسان‌ها شود. برای تعیین وضعیت انتشار آب‌های زیرزمینی در ایتالیا، (Marengo et al., 2007) 44 چاه را از نظر 29 فاکتور شیمیایی و فیزیکوشیمیایی مانند دما، pH، هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول، کل مواد جامد معلق، سختی کل و غیره مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. این پژوهشگران، نتایج متفاوت معنی‌داری را در کیفیت آب روستاهای دارای سکنه با مناطق دوردست خالی از سکنه به‌دست آوردند. در چین (Jiang et al., 2007)، با بررسی آثار تغییرات کاربری زمین بر کیفیت منابع آب زیرزمینی حوزه‌آبخیز Xiaotjiang به این نتیجه رسیدند که پس از تبدیل زمین‌های جنگلی بکر و دست‌نخورده به زمین کشاورزی و به دنبال آن تبدیل زمین‌های کشاورزی به مسکونی، غلظت‌های نیتریت، نیترات، سولفات و کلراید در آب‌های زیرزمینی منطقه به گونه معنی‌داری افزایش یافته است. طی مطالعاتی (Kulabako et al., 2007) در اوگاندا آثار کاربری زمین و استفاده‌های هیدروژئولوژیکی بر کیفیت آب‌های زیرزمینی کم‌عمق را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که منابع آب منطقه در معرض متغیرهای فصلی با سطح بالای آلودگی است که منجر به شیوع بیماری‌های مختلفی مانند مالاریا، وبا و غیره می‌شود. در نتیجه، اسکان افراد در اطراف زمین‌های تالابی خطر بزرگی برای آب‌های زیرزمینی کم‌عمق به شمار می‌آید. همچنین موجب افزایش میزان نیتروژن و فسفر در آب‌های زیرزمینی کم‌عمق می‌شود (Wang et al., 2002). با استفاده از روش مدل‌سازی شبکه‌های عصبی آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی مناطق نفت‌خیز شمال چین را مورد بررسی قرار دادند. با توجه به تحقیقات انجام شده می‌توان به اثر تغییرات کاربری اراضی/ پوشش زمین بر وضعیت آب‌های زیرزمینی پی برد. همچنین، با توجه به نقش آب‌های زیرزمینی در حفظ حیات اجتماعات شهری و روستایی و نیز آثار پوشش سطح زمین و تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت این آب‌ها، براساس اطلاعات موجود، تاکنون مطالعه‌ای تخصصی، در بررسی این رابطه در منطقه مورد مطالعه صورت نگرفته است و این موضوع وجه تمایز مطالعه حاضر از بررسی‌های دیگر است. هدف اصلی این مطالعه، تحلیل کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی در ارتباط با شرایط موجود است و در آن با شناخت عوامل ساختاری مؤثر در کیفیت آب، ضمن توجه به فرآیند رشد فزاینده انسانی به بررسی روند تغییرات پرداخته می‌شود. در راستای بررسی آلودگی آب فاکتورهای کلر، سولفات، نیترات و کل مواد جامد محلول (TDS) که از اهمیت و فراوانی بیشتری برخوردار است و تحت

تأثیر کاربری‌های مختلف قابل تغییر هستند، مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای انجام این مطالعه، از سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور جهت تهیه نقشه‌های سطح زمین و نیز چگونگی پراکنش پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی استفاده شده است. برای بررسی رابطه بین تغییرات کاربری‌های سطح زمین با کیفیت آب زیرزمینی از روش مدل‌سازی شبکه عصبی و پرسپترون چند لایه[1] استفاده شده است (منهاج، 1386).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه برای انجام این تحقیق حوزه آبخیز قره‌سو واقع در استان گلستان است. شهرستان‌های گرگان و کردکوی در این حوزه قرار گرفته و بخش‌های جنوبی شهرستان آق‌قلا و جنوب‌شرقی شهرستان بندرترکمن نیز در این حوزه واقع شده است. موقعیت حوزه قره‌سو و مرز منطقه با توجه به پراکنش چاه‌های پیزومتری که نمونه‌های کیفیت آب از آن‌ها به دست آمده در شکل (1) ارایه شده است.

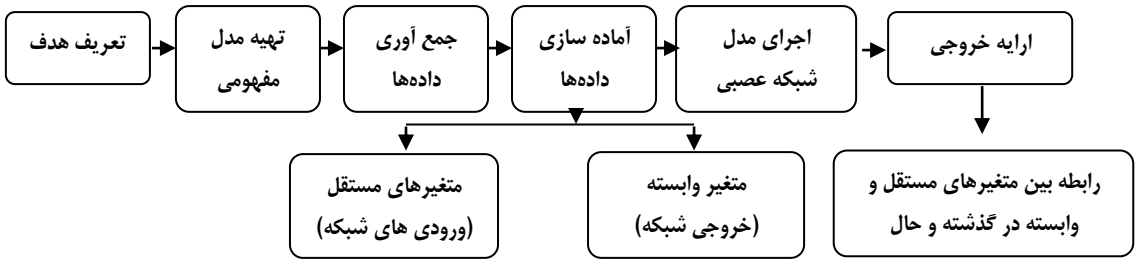


شکل (1) : موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش پژوهش

در این مطالعه، با استفاده علم سنجش از دور[2] و سامانه اطلاعات جغرافیایی[3] نقشه‌های کاربری اراضی، خاک‌شناسی، زمین‌شناسی، سطح زیرکشت محصولات کشاورزی، تراکم جمعیت، فاصله از رودخانه، جاده و مناطق مسکونی برای زمان گذشته و حال با توجه به هدف مطالعه و مرور منابع مختلف، برای تعیین رابطه بین پوشش زمین و کیفیت آب زیرزمینی، تهیه شدند. امروزه نقش خاک‌شناسی و زمین‌شناسی در ترکیب شیمیایی آب یک مساله پذیرفته شده و عمومی است. مطالعه ارتباط بین کیفیت آب زیرزمینی و پدیده‌های سطح زمین نیز با استفاده از روش مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. شکل (2). با توجه به این که داده‌های کیفی آب برای نیترات، برای 6 سال موجود بود، بنابراین مدل شبکه عصبی برای نیترات با استفاده از داده‌های سال 2002 و 2008 و برای سایر پارامترهای کیفی با داده‌های سال 1992 و 2008 میلادی اجرا شد. برای تهیه نقشه کاربری زمین از روی تصاویر ماهواره‌ای به روش پردازش رقومی، ابتدا تصاویر مربوط به ماهواره لندست سنجنده TM سال 1992، ETM سال 2002 و IRS سال 2008 تهیه و نقشه‌های رقومی 1:25000 و 1:50000 منطقه از سازمان نقشه‌برداری کشور دریافت شد. عمل طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به روش حداکثر احتمال انجام پذیرفت (Richards & Jia, 2005). جهت تهیه نقشه سطح آب زیرزمینی، از داده‌های سازمان آب منطقه‌ای استان گلستان مورد استفاده قرار گرفت. این نقشه‌ها با استفاده از روش کریجینگ درون‌یابی[4] شده و به‌صورت نقشه رستر آماده شدند.

روش تخمین و برآورد میزان متغیر پیوسته را در مناطق نمونه‌گیری نشده در داخل ناحیه‌ای که مشاهده‌های نقطه‌ای پراکنده شده‌اند، درون‌یابی می‌گویند. کریجینگ روش درون‌یابی پیشرفته‌ای است که برای داده‌هایی که دارای روندهای موضعی تعریف شده‌ای باشند، از جمله داده‌های مربوط به آب زیرزمینی در این مطالعه، مناسب است. این روش با کمترین واریانس تخمین درون‌یابی می‌کند و میزان خطای آن تابع مشخصات واریوگرام (ساختار فضایی) است (قهرودی تالی، 1384). برای تهیه نقشه جمعیت منطقه در دوره زمانی گذشته و حال، از اطلاعات سازمان آمار کشور استفاده شده است. اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت باغات و محصولات کشاورزی برای زمان حال (1387) و میانگین ده سال گذشته از سازمان جهاد کشاورزی تهیه و با استفاده از مدل IDW درون‌یابی شدند. در روش IDW، فرض اساسی این است که میزان تشابه و همبستگی بین همسایه‌ها با فاصله بین آن‌ها متناسب است، که می‌توان آن را به‌صورت تابعی معکوس از فاصله هر نقطه از نقاط همسایه تعریف کرد. این روش در حالتی مورد استفاده قرار می‌گیرد که نقاط نمونه همچون اطلاعات مربوط به سطح زیرکشت و جمعیت منطقه مورد مطالعه به اندازه کافی باشند و از پراکنش مناسبی در سطوح مقیاس محلی برخوردار باشند. پس از آماده‌سازی و ویرایش نقشه‌ها در محیط نرم‌افزار Idrisi Andes جهت اجرای مدل شبکهٔ عصبی به نسخهٔ هشت نرم‌افزار Statistica انتقال داده شدند. متغیرهای مؤثر بر کیفیت



شکل (2): نمودار جریانی مراحل مختلف انجام تحقیق

آب زیرزمینی که به‌عنوان نودهای مدل MLP مطرح هستند، شامل نودهای ورودی و خروجی می‌باشند. در مدل MLP، هر نود لایه ورودی با تمام نودهای لایه مخفی و هر نود لایه مخفی نیز با تنها نود لایه خروجی در ارتباط است (منهاج، 1386). برای مطالعه میزان غلظت پارامترهای مورد بررسی در آب زیرزمینی، شبکه پرسپترون چند لایه با الگوریتم پس‌انتشار و توابع تحریک تانژانت هیپربولیک و سیگموید اجرا شد. تابع هیپربولیک نسبت به مبدا متقارن است و هنگامی که سیگنال ورودی صفر است، مقدار سیگنال خروجی برابر صفر نتیجه می‌شود و بر خلاف تابع سیگموئید، تابع تانژانت هیپربولیک یک مقدار دوقطبی برای سیگنال خروجی را داراست و نشان داده شده است که این ویژگی در بعضی شبکه‌ها بسیار مفید است Tokar (Markus, 2000 &). یکی از مهم‌ترین قسمت‌ها در طراحی شبکه عصبی مصنوعی، معماری آن یا به‌عبارت دیگر تعداد لایه‌های پنهان و تعداد نرون‌های موجود در آن می‌باشد که به‌صورت آزمون و خطا انجام می‌گیرد. بر این اساس، شبکه‌هایی با تعداد لایه‌های پنهان و تعداد نرون متفاوت در هر لایه، طراحی و نتایج آن‌ها بررسی و مقایسه شد. شبکه عصبی مصنوعی علایم را از واحدهای ورودی دریافت کرده و این سیگنال‌ها در طول شبکه انتشار یافته و در نهایت به سوی نرون خروجی حرکت می‌نمایند. پارامترهای کنترلی اصلی مدل شبکه عصبی مصنوعی مقاومت‌های اتصالی بین نرون‌ها می‌باشند که به‌عنوان وزن‌ها و بایاس‌ها نامیده می‌شوند. هر نرون، خروجی‌های وزن‌دار شده (wij Xi) نرون‌های لایه قبلی را دریافت و مجموع آن‌ها، ورودی خالص[5] به نرون jام (netj) را براساس رابطه زیر تولید می‌کند (Sahoo et al., 2005).

$$net_j = \sum w_{ij} x_i + bi$$

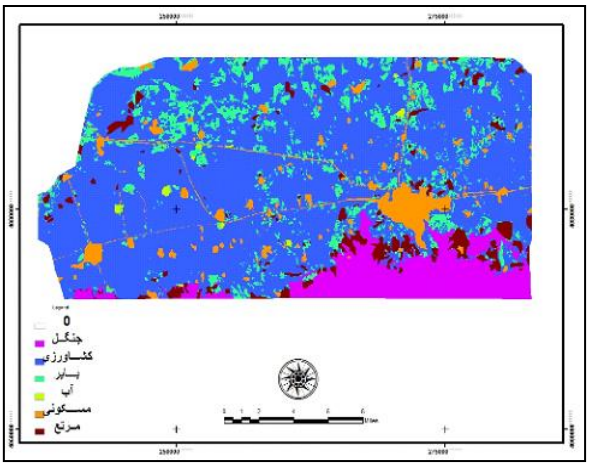
پس از مشخص کردن لایه‌های ورودی، مخفی و خروجی متغیرهای مستقل و وابسته، به ازای مقادیر هر پارامتر در چاه که اطلاعات آن ثبت شده است، برای رسیدن به خروجی مطلوب به‌وسیله تنظیم مقادیر ارتباط (وزن‌ها) بین عناصر آن با استفاده از روش نظارت شده (supervised) آموزش داده شدند.

طی فرایند آموزش شبکه عصبی مصنوعی با افزایش تعداد تکرارها، خطای مدل در پیش‌بینی داده‌های مرحله آموزش کاهش می‌یابد تا جایی که در تکرارهای بالا، شبکه به صورتی آموزش می‌بیند که فقط می‌تواند داده‌های مرحله آموزش را به‌خوبی تخمین زده و از پیش‌بینی داده‌های خارج از این محدوده عاجز می‌ماند. به‌منظور رفع این مشکل، درصدی از داده‌ها در ابتدای کار برای مرحله اعتبارسنجی در نظر گرفته می‌شود. برای آموزش 60 درصد داده‌ها، برای صحت‌سنجی 20 درصد و برای آزمایش مدل نیز 20 درصد داده‌ها انتخاب شدند. پس از فرایند آموزش شبکه، مدلی که بالاترین کارایی در مورد آموزش، تست و اعتبارسنجی را دارا بود، انتخاب و برای کل منطقه اجرا شد (کیا، 1389). در این مرحله، داده‌های کل فضای مورد مطالعه برای پیش‌بینی وارد شبکه شد و با استفاده از مدل بهینه انتخاب شده از مرحله آموزش، برای کل منطقه شبکه به اجرا درآمد. برای هر دوره زمانی گذشته و حال و به ازای هر پارامتر کیفی مورد مطالعه آب زیرزمینی، شبکه عصبی به صورت ذکر شده، اجرا گردید.

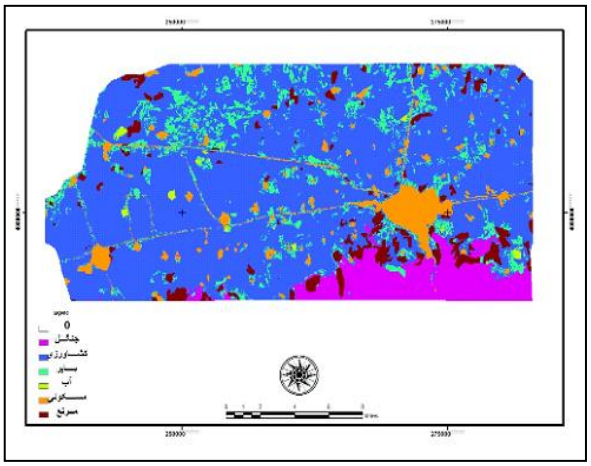
یافته‌ها

نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز قره‌سو با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM (2002), TM (1992) و IRS (2008) با استفاده از نرم‌افزارهای سنجش از دور تهیه شد. شکل‌های (3 تا 5).

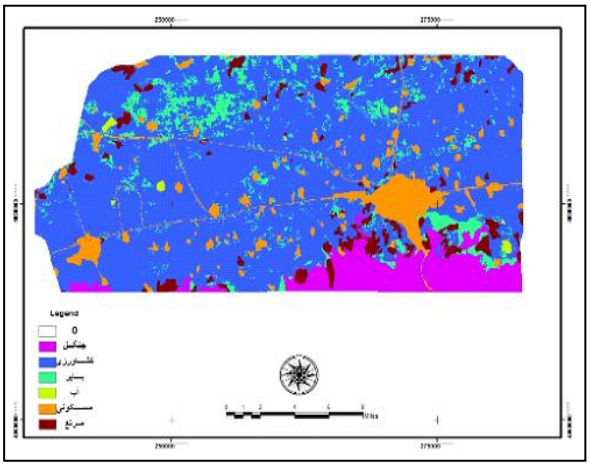
همچنین، نقشه‌های حاصل از درون‌یابی برای سطح آب زیرزمینی در سال‌های 1374 و 1382 و 1387 در شکل‌های (6 الی 8) آورده شده‌اند.



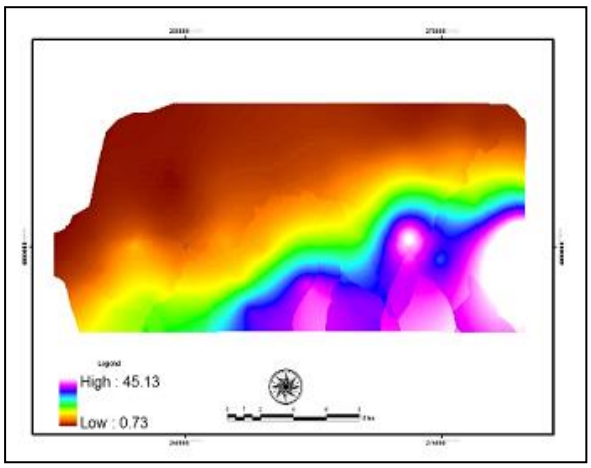
شکل (3): نقشه کاربری اراضی به روش حداکثر احتمال (TM 1992)



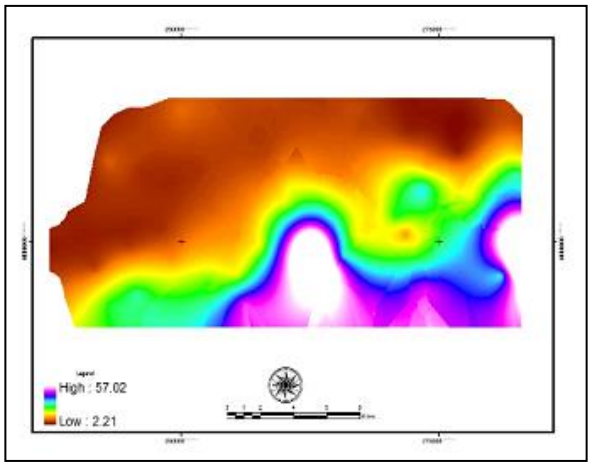
شکل (4): نقشه کاربری اراضی به روش حداکثر احتمال (ETM 2002)



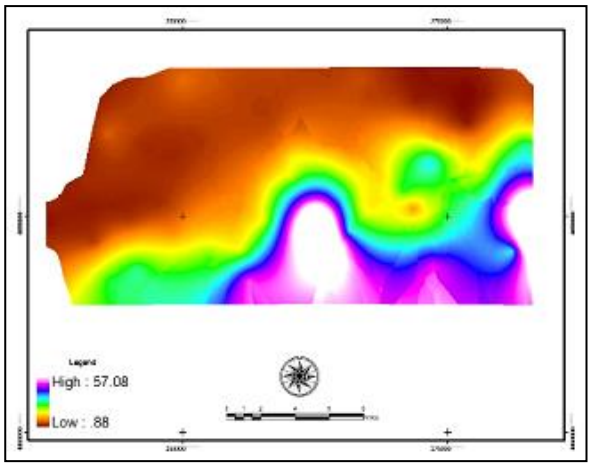
شکل (5): نقشه کاربری اراضی به روش حداکثر احتمال (IRS 2008)



شکل (6): نقشه سطح آب زیرزمینی سال 1374



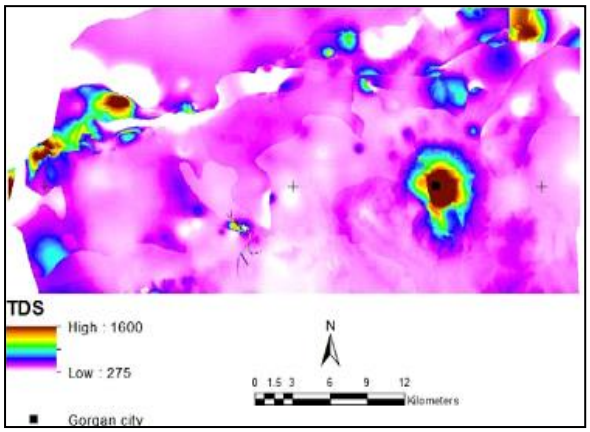
شکل (7): نقشه سطح آب زیرزمینی سال 1382



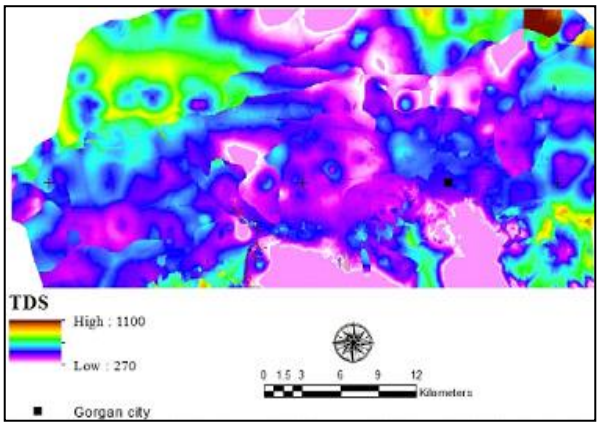
شکل (8): نقشه سطح آب زیرزمینی سال 1387

نتایج مدل شبکه عصبی که نشان‌دهنده رابطه بین چگونگی پراکنش پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی با کاربری اراضی/

پوشش زمین (سال 1387و 1374) است و نمودارهای تحلیل حساسیت مدل که میزان تأثیرگذاری هر یک از متغیرهای مستقل بر چگونگی پراکنش پارامترهای شیمیایی منابع آب زیرزمینی را نشان می‌دهند، در شکل‌های (9 تا 20) ارایه شده است.

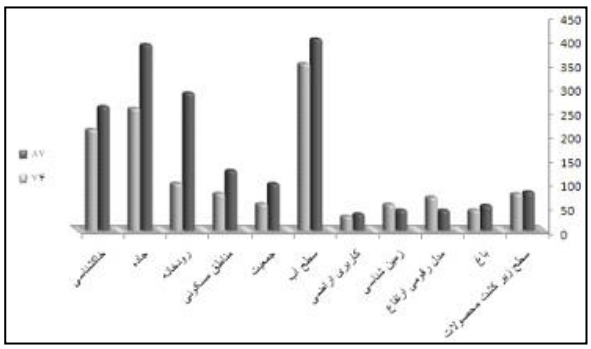


شکل (9): نقشه حاصل از پراکنش TDS(mg/li) با کاربری‌اراضی پوشش زمین سال 1387

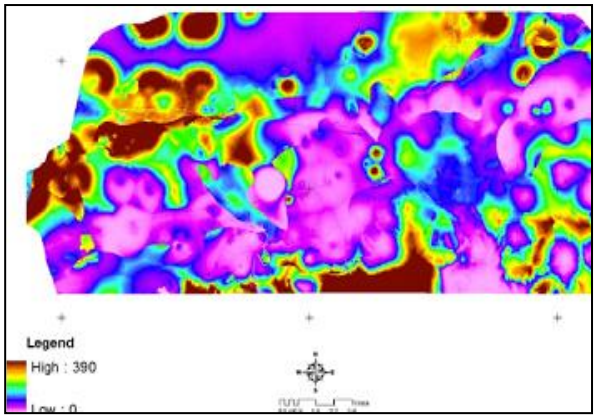


شکل (10): نقشه حاصل از پراکنش TDS(mg/li) با کاربری‌اراضی پوشش زمین سال 1374

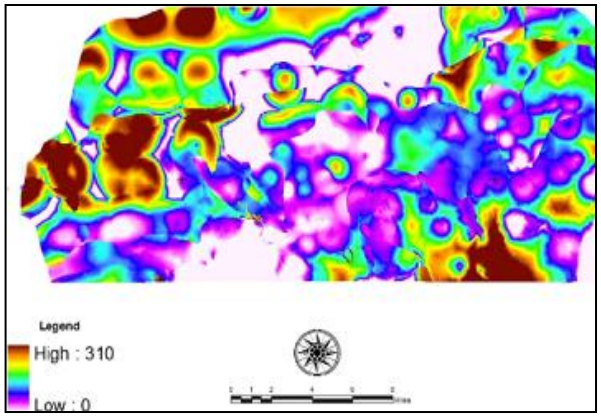
مطالعه نقشه‌های رابطه بین چگونگی پراکنش ذرات جامد معلق با کاربری اراضی/ پوشش زمین در دوره‌های زمانی مورد مطالعه بیان‌گر نقش مؤثر خاک‌شناسی منطقه و نیز سطح آب زیرزمینی در پراکنش این پارامتر بوده است. نقش فاصله از رودخانه در زمان حال محسوس‌تر گشته است. دلیل این افزایش ورود بیشتر مواد مغذی کاربری‌ها به منابع آبی است و با توجه به جهت جریان، رودخانه‌ها پل ارتباطی بین سطح دشت و سفره‌های زیرین بوده‌اند و تا حد زیادی سفره‌های زیرین را از ساختارهای سطح زمین متأثر ساخته‌اند. مطالعه نقشه سال 1387، نشان‌دهنده افزایش این پارامتر در حوالی شهر گرگان و کردکوی است.



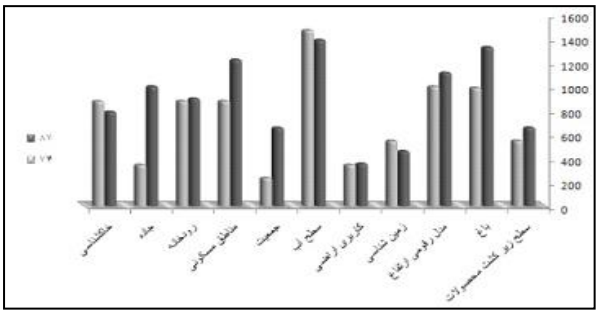
شکل (11): نمودار تحلیل حساسیت مدل شبکه عصبی TDS



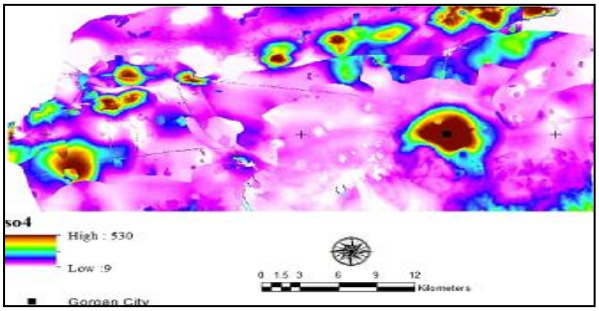
شکل (12): نقشه حاصل از پراکنش کلر (mg/li) با کاربری اراضی پوشش زمین سال 1387



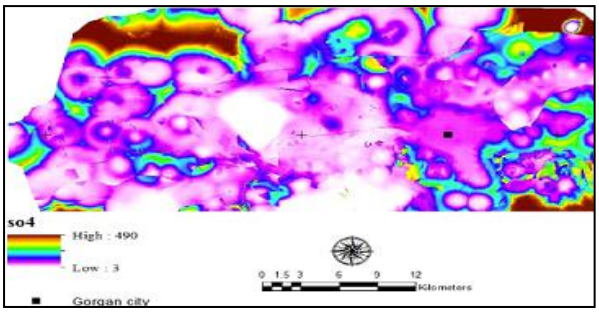
شکل (13): نقشه حاصل از پراکنش کلر (mg/li) با کاربری اراضی پوشش زمین سال 1374



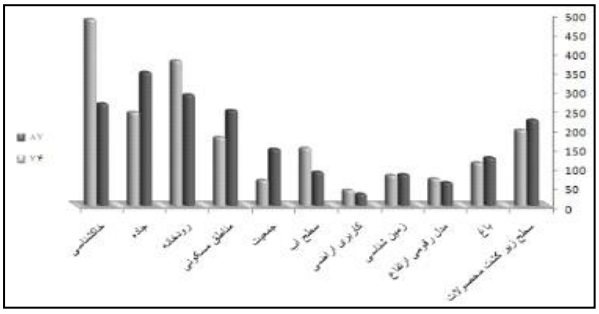
شکل (14): نمودار تحلیل حساسیت مدل شبکه عصبی کلر



شکل (15): نقشه حاصل از پراکنش سولفات (mg/li) با کاربری اراضی پوشش زمین سال 1387

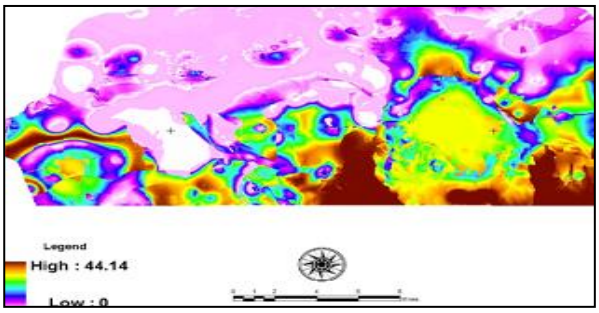


شکل (16): نقشه حاصل از پراکنش سولفات(mg/li) با کاربری اراضی پوشش زمین سال 1374

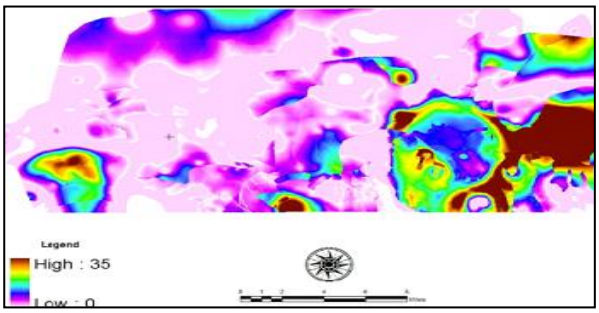


شکل (17): نمودار تحلیل حساسیت مدل شبکه عصبی سولفات

مطالعه نقشه رابطه بین چگونگی پراکنش کلر با کاربری اراضی/ پوشش زمین در گذشته نشان‌دهنده نقش مؤثر سطح آب، عامل فاصله از رودخانه، خاک‌شناسی و زمین‌شناسی منطقه بوده است. اثر فاصله از مناطق مسکونی و تراکم جمعیت در زمان حال افزایش تأثیر خاک منطقه بر چگونگی پراکنش سولفات همانند سایر پارامترهای کیفیت آب که بدان اشاره شده، قابل ملاحظه است. مطالعه نقشه، رابطه بین چگونگی پراکنش سولفات با کاربری اراضی/ پوشش زمین نشان‌دهنده این مهم است که میزان این پارامتر به تدریج از گذشته تا آینده در حوالی مناطق مسکونی و پر جمعیت افزایش یافته است. با توجه به نتایج تحلیل حساسیت مدل، شبکه سطح زیر کشت باغات و زمین‌های کشاورزی از عوامل مؤثر بر کیفیت آب و پراکنش یون سولفات بوده است.



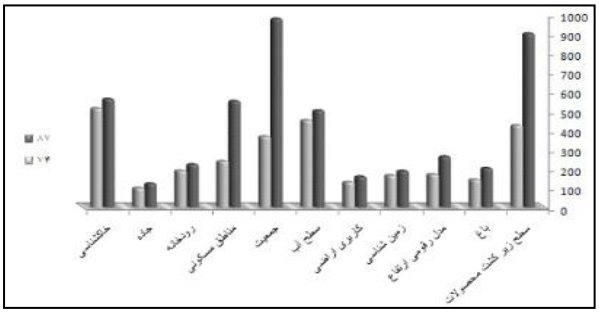
شکل (18): نقشه حاصل از پراکنش نیترات (mg/li) با کاربری اراضی/ پوشش زمین سال1387



شکل (19): نقشه حاصل از پراکنش نیترات (mg/li) با کاربری اراضی/ پوشش زمین سال 1374

مطالعه نتایج حاکی از این مساله است که سطح زیر کشت محصولات کشاورزی تأثیر بالایی در نحوه پراکندگی نیترات داشته است. سطح آب زیرزمینی و خاک‌شناسی منطقه نیز از دیگر عوامل مؤثر بوده‌اند. نقش فاصله از رودخانه، مناطق مسکونی و جمعیت در زمان حال پررنگ‌تر شده است. نیترات به دلیل محلول بودن در آب به سرعت آب‌شویی شده و همراه

روان‌آب‌های سطحی وارد منابع آب می‌شود.



شکل (20): نمودار تحلیل حساسیت مدل شبکه عصبی برای نیترات

بحث و نتیجه گیری

با توجه به تبادل یونی که آب‌های زیرزمینی با رسوب‌های موجود در مسیر حرکت آب و در ارتباط با لایه‌های مختلف زمین انجام می‌دهند، میزان املاح محلول و کیفیت آب دستخوش تغییرهای زیادی می‌شود. در نتیجه، بررسی صرف آب‌ها بدون درنظر گرفتن ریشه مکانی آن نمی‌تواند منطقی باشد. مطالعه نقشه، رابطه بین چگونگی پراکنش کلر با کاربری اراضی/ پوشش زمین در گذشته نشان‌دهنده نقش قابل توجه خاک‌شناسی منطقه و نیز عامل فاصله از رودخانه بوده است. سطح زیر کشت باغات و زمین‌های کشاورزی نیز از عوامل مؤثر در پراکندگی این فاکتور بوده است. میانگین غلظت کلراید در مناطق کشاورزی بسیار بالا است (Smart et al., 2001). استفاده روزافزون از کودهای حاوی کلراید مانند کلراید پتاسیم توسط کشاورزان منطقه منجر به افزایش میزان کلراید موجود در منابع آبی شده است. دلیل دیگر استفاده از حشره‌کش‌ها و آفت‌کش‌های کلردار است. آثار دریاچه‌ها، نهرها و رودخانه‌های موجود و نوع ارتباط آن‌ها با آب‌خوان بر کیفیت آب مؤثر بوده‌اند. عوامل نامبرده، تأثیرات زیادی بر کیفیت آب حوزه آبخیز داشته‌اند. با توجه به موقعیت منطقه مورد مطالعه، آثار عوامل بالا، به‌ویژه دریاچه مازندران به وضوح مشاهده می‌شود. پسروی و پیشروی این دریا در سالیان دور، سبب ته‌نشین شدن رسوب‌های دریایی در سطح دشت و برای نمونه در محدوده شمالی شده است. از طرف دیگر، رودخانه‌های موجود با توجه به جهت جریان، پل ارتباطی بین سطح دشت و سفره‌های زیرین بوده‌اند و تا حد زیادی سفره‌های زیرین را از ساختارهای سطح زمین متأثر ساخته‌اند. اثر فاصله از مناطق مسکونی و تراکم جمعیت در زمان حال افزایش یافته است که این نتایج با یافته‌های (Sherestha et al., 2007) مبنی بر نقش جمعیت و پراکنش سکونت‌گاه‌های انسانی در کیفیت آب مطابقت دارد. این امر به دلیل ورود فاضلاب‌های شهری، فاضلاب اماکن عمومی مانند: بیمارستان‌ها و فاضلاب کارگاه‌های صنعتی اطراف، رهاسازی زباله‌های شهری در حاشیه رودخانه، استفاده از کلراید در تصفیه فاضلاب‌های شهری و متعاقب آن رهاسازی در آب رودخانه و کاربرد مواد ضدعفونی‌کننده حاوی کلراید در مرغداری‌ها و گاوداری‌های حاشیه رودخانه است. مطالعه نقشه رابطه بین چگونگی پراکنش سولفات با کاربری اراضی/ پوشش زمین نشان‌دهنده این مهم است که میزان این پارامتر به تدریج از گذشته تا آینده در حوالی مناطق مسکونی و پر جمعیت افزایش یافته است. نقش ساختار زمین‌شناسی و خاک‌شناسی نیز بر چگونگی پراکنش سولفات، قابل ملاحظه است. با توجه به نتایج تحلیل حساسیت مدل، سطح زیرکشت باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی، از عوامل مؤثر بر کیفیت آب و پراکنش یون سولفات بوده است. سولفات روی به‌عنوان کود مصرفی در مزارع برنج‌کاری مورد استفاده قرار گرفته است. از این‌رو، در نواحی با سطح زیر کشت متراکم‌تر، میزان این پارامتر نیز قابل توجه بوده است. این نتایج با بررسی‌ها (Jiang et al., 2007) مبنی بر افزایش میزان سولفات، در زمین‌های زراعی به‌دلیل استفاده از کودهای شیمیایی حاوی سولفات مطابقت دارد. با توجه به نقش سطح آب زیرزمینی در چگونگی پراکنش سولفات می‌توان میزان بالای این پارامتر را در نواحی شمالی به بالا بودن سطح آب نسبت داد. میزان TDS (کل جامدات محلول آب)، با وجود داشتن شرایط استاندارد و قابل قبول در مناطق نمونه‌برداری شده، در بعضی از مناطق در آستانه رسیدن به شرایط نامطلوب قرار دارند. مطالعه نقشه‌های رابطه بین چگونگی پراکنش ذرات جامد معلق با کاربری اراضی/ پوشش زمین در دوره‌های زمانی مورد مطالعه بیان‌گر نقش عوامل خاک‌شناسی و نیز سطح زیرکشت محصولات در پراکنش این پارامتر بوده است. نقش فاصله از رودخانه در زمان حال محسوس‌تر شده است. دلیل این افزایش ورود بیشتر مواد مغذی کاربری‌ها به منابع آبی است. منابع آب سطحی به‌صورت آشکار بر اثر استفاده زیاده از حد کودها و تقویت‌کننده‌های زراعی، تحت تأثیر قرار گرفته‌اند و با توجه به جهت جریان آب، عامل ارتباط بین سطح و سفره‌های آب زیرزمینی بوده‌اند (Xu et al., 2008). اصولاً مواد جامد محلول از نمک‌های معدنی

(به‌خصوص کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم، بی‌کربنات، کلریدها و سولفات‌ها) و مقادیر جزیی مواد آلی محلول در آب ناشی می‌شوند. میزان بالای این فاکتور در مناطق شمال‌غربی ممکن است با عواملی از جمله نفوذ فاضلاب‌های خانگی و صنعتی شهر گرگان و ضایعات و پسماندهای کشاورزی مرتبط باشد. این نتایج با بررسی‌های (Withers & Lord, 2002) مطابقت دارد. مطالعه نتایج تحلیل حساسیت مدل شبکه عصبی که نشان‌گر میزان تأثیرگذاری هر یک از پارامترهای مختلف (متغیرهای مستقل) بر چگونگی پراکنش نیترات است، حاکی از این مساله می‌باشد که سطح زیر کشت محصولات کشاورزی تأثیر بالایی در نحوه پراکندگی نیترات داشته است. سطح آب زیرزمینی و خاک‌شناسی منطقه از دیگر عوامل مؤثر بوده‌اند. نقش فاصله از رودخانه، مناطق مسکونی و جمعیت در زمان حال پررنگ‌تر شده است. نیترات به دلیل محلول بودن در آب به سرعت آب‌شویی شده و همراه رواناب‌های سطحی وارد منابع آب می‌شود. این نتایج با یافته‌های (Jiang et al., Withers & Lord, 2002; 2007; Kulabako et al., 2007; Sthiannopkao et al., 2006) هم‌خوانی دارد. با توجه به این که رودخانه‌ها به نوعی عامل ارتباطی سطح زمین با سفره‌های آب زیرین هستند، نتایج بالا تا حدی قابل توجیه است. در مناطقی که از نظر عنصر نیترات با خطر مواجه هستند، سطح زیرکشت متراکم‌تری دارند و با به اشباع رسیدن ظرفیت فیلتراسیون خاک، برخی از نیترات‌ها خود را به سفره‌های زیرزمینی می‌رسانند. کودهای نیتراته مهم‌ترین منبع آلودگی نیترات در آب‌های سطحی و زیرزمینی هستند. حتی وقتی گیاهان زراعی کوددهی نشوند، حدود 20 کیلوگرم نیترات به ازای هر هکتار از خاک شسته شده و به منابع آبی وارد می‌شود (اسماعیلی ساری، 1381). در نهایت، مطالعه چگونگی تغییر پارامترهای کیفیت آب طی سال‌های مطالعه، نشان‌دهنده روند افزایشی در مقادیر آن‌هاست. همچنین، جنس سنگ‌ها و رسوب‌هایی که در مسیر جریان آب زیرزمینی قرار دارند، می‌تواند آثار زیادی بر کیفیت آب ایفا نماید. سطح زیر کشت محصولات کشاورزی و میزان کود و سموم مصرفی در چگونگی پراکنش پارامترهای کیفیت شیمیایی آب نقش مؤثری داشته‌اند. توسعه شهری و افزایش جمعیت در محدوده‌های کوچک و در نتیجه آن، افزایش پساب فعالیت‌های صنعتی و مصارف ساکنان نواحی شهری نقش قابل ملاحظه‌ای بر کیفیت آب داشته است. بالا بودن سطح آب زیرزمینی در مناطق شمالی منطقه نیز از دیگر عوامل مؤثر بر کیفیت آب است. استفاده از سیستم‌های مدیریت جامع مکانی ابزار و راه‌کاری مفید برای حفاظت از تنوع‌زیستی و مدیریت جامع محیط‌زیست فراهم خواهد نمود. با توجه به نقش آب‌های زیرزمینی در حیات بشر، لزوم انجام مطالعات بیشتر در زمینه بررسی این رابطه و پیش‌بینی تغییرات حاصله در آینده، به‌منظور مدیریت پایدار این منابع ارزشمند وجود دارد.

یادداشت‌ها

1. Multilayer Perceptron (MLP)
2. Remote Sensing (RS)
3. Geographical Information System (GIS)
4. Interpolation
5. Net input

فهرست منابع

اسماعیلی ساری، ع. 1381. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط‌زیست، انتشارات نقش مهر، 767 ص.

رفاهی، ح. 1380. فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، 551 ص.

سازمان آمار ایران. 1386. سالنامه آماری استان گلستان. 278 ص.

قهرودی تالی، م. 1384. سیستم اطلاعات جغرافیایی در محیط سه بعدی، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تربیت معلم.

کردوانی، پ. 1371. منابع و مسائل آب در ایران، جلد اول، آب‌های سطحی و زیرزمینی و مسائل بهره‌برداری از آن‌ها، انتشارات دانشگاه تهران، 544 ص.

کیا، م. 1389. شبکه های عصبی در Matlab، انتشارات خدمات نشر کیان رایانه سبز، 232 ص.

منهاج، م. ب. 1386. مبانی شبکه های عصبی جلد اول (هوش محاسباتی)، مرکز نشردانشگاه صنعتی امیر کبیر

Church, P. E. & Granato, G. E. 2006. Bias in Ground-Water Data Caused by Well-Bore Flow in Long-Screen Wells. Ground water. Vol. 34(2): 262-273.

Jiang, Y.; Zhang, C.; Yuan, D.; Zhang, G. & He, R. 2007. Impact of land use change on groundwater quality in a typical karst watershed of southwest China: a case study of the Xiaojiang watershed, Yunnan Province. Hydrogeology Journal. 16: 727–735

Kulabako, N. R.; Nalubega, M. & Thunvik, R. 2007. Study of the Impact of Land use and Hydrological Setting on the Shallow Groundwater Quality in a Peri-Urban Area of Kampala, Uganda. Science of the Total Environment. 381:180-199.

Martinez.; Casanovas, J. A. & Ramos, M. C. 2006. Erosion rate and nutrient losses affected by composted cattle manure application in vineyard soil of NE Spain. Catena, 68: 177-185.

Marengo, E.; Gennaro, M. C.; Robotti, E.; Maiocchi, A. & Pavese, G.; Indaco, A. & Rainero; A. 2007. Statistical Analysis of Groundwater Distribution in Alessandria Province (Piedmont- Italy). Microchemical Journal. 88:167-177.

Richards, J. A. & Jia, X. 2005. Remote Sensing Digital Image Analysis. Springer Publication. Page, 454.

Sahoo, G. B.; Ray, C. & Wade, H. F. 2005. Pesticide prediction in ground water in North Carolina domestic wells using artificial neural networks. Ecological Modelling 183: 29–46

Sherestha. S.; Kazama, F. & Newham, L. T. H. 2007. A Framework for Estimating Pollutant Eexport Coefficients from long- term in-stream Water Quality Monitoring data. Environmental Modeling and Software. Vol. 23(2): 182-194

Smart, R.; White, C. C.; Towenend, J. & Cresser, M. S. 2001. A Model Predicting Chloride Consentration in River Water in a Relatively Unpolluted Catchment in North-East Scotland, The Science of total Environment. 265(1-3): 131-141.

Sthiannopkao, S.; Taizwa, S.; Homewong, J. & Wirojanaud, W. 2006. Soil Erosion and Impact on Water Treatment in the northeastern provinces of Tailand. Environmental International 33(3): 706-711.

Thomas, A. & Tellam, J. 2005. Modelling of recharge and pollutant fluxes to urban groundwaters. Science of the Total Environment 360, 158– 179.

Tokar, A. S. & Markus, M. 2000. Precipitation-runoff modelling using artificia l neural networks and conceptual models. Journal of Hydrology Engineering. Vol. 2: 156-161.

Vito, F. U.; Raffaele, G. & Nicola, L. 2003. A Fuzzy Knowledge-Based Decision Support System for Groundwater Pollution Risk Evaluation. Environmental Management. Vol. 73(3): 189-197.

Wang, Z.; Wu, Q.; Zhang, Y. & Cheng, J. 2010. Confined groundwater pollution mechanism and vulnerability assessment in oilfields, North China. Environ Earth Sci

Withers, P. J. A. & Lord, E. I. 2002. Agricultural Nutrient Inputs to Rivers and Groundwaters in the UK: Policy, Environmental Management and Research Needs. The Science of the Total Environment: 282-283

Xu, H.; Hou, Z.; An, Z.; Liu, X. & Dong J. 2008. Major Ion Chemistry of Waters in Lake Qinghai Catchments, NE Qinghai-Tinet Plateau, China. Quaternary International .