تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال نهم، شماره ۳، زمستان ۱۳۹۲
Volume 9, No. 3, Winter 2014 (IR-WRR)
۹۴-۹۸

یادداشت فنی

پهنه‌بندی کیفی آب زیرزمینی دشت ورامین از نظر کشاورزی به روش تحلیل سلسله مراتبی در محیط GIS

محمد نخعی[۱*]، میثم ودیعتی[۲] و مهزاد اسمعیلی فلک[۳]

چکیده

با توجه به اینکه نمونه‌برداری از تمام نقاط محدوده مطالعاتی مقدور نیست، روش‌های پهنه بندی ابزار قدرتمندی در تخمین داده‌ها بر مبنای تغییرات مکانی است. هدف از این تحقیق پهنه‌بندی کیفی آب زیرزمینی دشت ورامین از نظر کشاورزی با استفاده از روش‌های درون‌یابی در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی و انتخاب بهترین وزن‌ها بر اساس تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد. بدین منظور از اطلاعات کیفی مربوط به ۷۴ چاه عمیق دشت ورامین در سال ۱۳۸۸-۱۳۸۷ استفاده شده است. ابتدا نقشه‌های رستری منطقه مورد مطالعه شامل نسبت جذب سدیم، شاخص تراوایی، نسبت کلی، نسبت جذب منیزیم، باقی‌مانده کربنات سدیم، درصد انحلال سدیم، هدایت الکتریکی و سختی کل به روش مجذور عکس فاصله در محیط GIS تهیه گردید. سپس با روش تحلیل سلسله مراتبی و ایجاد ماتریس زوجی، وزن نهایی پارامترها تعیین شد. در نهایت با تلفیق لایه‌ها و اعمال وزن‌های نهایی پارامترها در محیط GIS، نقشه پتانسیل کیفی منطقه مورد مطالعه از نظر کشاورزی تهیه گردید. نتایج نشان می‌دهد در قسمت‌های شمال غرب، جنوب غرب و غرب منطقه وضعیت آب زیرزمینی برای کشاورزی بد و در قسمت‌های مرکز، شمال و شمال شرق کیفیت آب برای کشاورزی مطلوب می‌باشد.

کلمات کلیدی: دشت ورامین، کیفیت آب، تحلیل سلسله مراتبی، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

تاریخ دریافت مقاله: ۲۱ فروردین ۱۳۹۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۲۱ اردیبهشت ۱۳۹۲

۱- دانشیار دانشکده علوم زمین دانشگاه خوارزمی تهران-تهران-ایران
۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات آذربایجان شرقی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، تبریز، ایران
۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات آذربایجان شرقی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، تبریز، ایران
*- نویسنده مسئول

Technical Note

Groundwater Qualitative Zoning of Varamin Plain for Agricultural Applications Using Analytical Hierarchy Process Method in GIS

M.Nakhaei[1] , M. Vadiati[2] and M. EsmaeiliFalak[3]*

Abstract

When dealing with the quality of water resources for different uses, collecting samples from all parts of a study area is not economically possible. In this regard zoning methods are powerful tools in the providing the data based on spatial variation. This research aimed in groundwater quality zoning for agricultural uses in the Varamin plain, southern Tehran, using Interpolation methods with Geographic Information System (GIS) and the weightings in the Analytical Hierarchy Process (AHP). Qualitative data from 74 tube wells in the plain of Varamin from 1388 to 1387 is used. Firstly, raster maps were prepared using Inverse Distance Weighted (IDW) method for the study area. These maps prepared for the Sodium Absorption Ratio (SAR), Permeability Index (PI), the Kelley Ratio (KR), Magnesium Adsorption Ratio (MAR), Residual Sodium Carbonate (RSC), Dissolved Sodium Percentage (SSP), Electrical Conductivity (EC), and Total Hardness (TH) Then the final weights of parameters in water quality potential were determined using AHP and the pair wise matrix. Finally, with overlaying maps and applying final weights of the parameters in GIS, the map of qualitative potential of the groundwater resources in the area for agricultural purposes was prepared. The results showed that in the northwestern, southwestern, and western parts, the status of groundwater for agriculture are poor and in the central, northern, and northeastern parts there are the quality of water is suitable for agriculture purposes.

Keywords: Varamin Plain, Water Quality, Analytical Hierarchy Process, Geographic Information System.

Received: April 9, 2012
Accepted: May 11, 2013

1- Associated Professor, Faculty of Geosciences, Kharazmi University, Tehran, Iran, Email: nakhaei@khu.ac.ir
2- Member of Young Researchers and Elite Club, East AzarbaijanScience and Research Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
3- Member of Young Researchers and Elite Club, East Azarbaijan Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
*- Corresponding Author

۱- مقدمه

ترکیب شیمیایی اجزاء محلول در آب تحت تأثیر واکنش‌های مختلف و تقابل آب و سفره آب زیرزمینی است. بنابراین مطالعه ترکیب شیمیایی به جهت شناخت کیفیت آب مهم است (رضایی، ۱۳۸۸). روش تحلیل سلسله مراتبی[1] یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری است که اولین بار توسط Saaty (1980)، مطرح شد. این روش بر اساس مقایسه‌های زوجی بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را می‌دهد (هیبتی و همکاران، ۱۳۸۹). برای ارزیابی هر موضوعی، نیاز به معیار اندازه‌گیری یا شاخص داریم. انتخاب شاخص‌های مناسب به ما این امکان را می‌دهد تا بتوان با مقایسه درست بین گزینه‌ها بهترین تصمیم را اتخاذ نماییم. اگر چندین شاخص برای ارزیابی در نظر گرفته شود، به طور قطع کار ارزیابی پیچیده‌تر خواهد شد. در ایـــن هنگام کار ارزیـابی و مقایسه از حالت سـاده تحلیلی که ذهن قادر به انجام آن است؛ خارج می‌شود و به ابزار تحلیل عملی نیاز خواهد بود. تحلیل سلسله مراتبی، یکی از گسترده‌تـرین ابزارهای تصمیم‌گیری چند معیاره است (Omkarprasad and Sushi, 2006). از نظر مدیریتی بزرگ‌ترین انگیزه برای انجام مطالعات کیفیت آب، نیازهای کیفی آب و اثرات متقابل آن بر مصارف مختلف می‌باشد (معروفی و همکاران، ۱۳۸۸). استفاده از این روش کمک شایانی به ارزش‌دهی پارامترها و تلفیق آن‌ها در سیستم اطلاعات جغرافیایی نموده است.

یکی از بهترین سیستم‌هایی که دسترسی به اطلاعات زیاد، متنوع و تجزیه و تحلیل را آسان‌تر و سریع‌تر می‌نماید، سیستم اطلاعات جغرافیایی است (طایفه‌نسکیلی و برشنده، ۱۳۸۹). از این سیستم در زمینه‌های متنوعی، از جمله پهنه بندی کیفیت آب زیرزمینی استفاده می‌شود. با توجه به افزایش حجم داده‌ها، ماهیت رقومی آن‌ها و توسعه کاربردها و تحلیل‌های مورد نیاز، روش‌های سنتی تحلیل داده‌های مکانی، مانند روش‌های آماری، نمی‌توانند به تنهایی و با قابلیت اطمینان بالا مورد استفاده قرار گیرند. زیرا این روش‌ها، اصولاً برای کار با داده‌های کم حجم طراحی گردیده‌اند و در مواجهه با این حجم عظیم داده‌ها نه تنها سرعت و کارایی لازم را نخواهند داشت، بلکه قادر به پاسخ‌گویی نیازهای جدید نیز نخواهند بود. استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی راه‌حل مناسبی برای تحلیل اطلاعات مفید از داده‌های مکانی می‌باشد (sadashivaiah, 2008; Ozcan, 2007). بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی مستلزم شناخت کمیت و به ویژه کیفیت آب زیرزمینی در آبخوان‌ها است. به لحاظ رشد جمعیت و افزایش روز افزون نیاز به محصولات کشاورزی، بررسی مناطق مناسب استحصال آب زیرزمینی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نقشه پتانسیل کیفی، مکان‌های مناسب و نامناسب را از لحاظ کشاورزی مشخص می‌نماید و کمک شایانی به مدیریت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی کرده و دید خوبی از روند کیفی محدوده مطالعاتی و برنامه‌ریزی جهت تأمین منابع آب کشاورزی در آینده به تصمیم گیران ارائه نماید. مطالعات متعددی به منظور بررسی وضعیت منابع آب زیرزمینی توسط محققین مختلف در راستای پهنه‌بندی پارامترهای کیفیت آب آبخوان با استفاده از روش‌های زمین آماری انجام شده است. در این زمینه Christakos (2000) و همچنین Theodossiou and Latinopoulos (2006) نشان دادند بسیاری از پارامترهای آبخوان دارای ساختار مکانی بوده و به بررسی افت تراز آب آبخوان پرداخته‌اند. احمد نژاد و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی و ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت زیر راه در محیط GIS پرداختند. در این مطالعه متغیرهای هیدروشیمیایی به روش مجذور عکس فاصله درون‌یابی شدند و در نهایت با تلفیق لایه‌های متغیرهای هیدروشیمیایی، نقشه ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی جهت مصارف شرب و کشاورزی ترسیم گردید. هدف از این مطالعه بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت ورامین به لحاظ جهت تعیین مکان‌های مناسب از لحاظ کشاورزی با روش تحلیل سلسله مراتبی به کمک نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی است.

دشت ورامین در استان تهران واقع شده و از شمال به ادامه سلسله کوههای البرز و لواسانات، از شرق به ایوانکی و گرمسار، از جنوب به تپه ماهورهای جنوبی دشت و همچنین دریاچه نمک و از مغرب به دشت تهران-کرج محدود می‌شود. وسعت کل حوزه آبخیز دشت در حدود ۳۰۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. منطقه مورد مطالعه بین ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴۵ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. از کل منطقه مورد مطالعه، حدود ۲۱۴۴ هکتار را پوسته‌های نمکی، حدود ۶۸ هکتار را اراضی کشاورزی و ۱۹ هکتار را اراضی مرطوب تشکیل می‌دهند. جاجرود مهم‌ترین رودخانه این منطقه است. میانگین درجه حرارت سالانه ۱۶ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه ۱۷۲ میلی‌متر است. از نظر زمین شناسی، این منطقه به واسطه فرورفتگی طبقات دوران اول و دوم ایجاد شده که داخل آن را رسوبات دوران سنوزوئیک از جمله رسوبات جدید رودخانه جاجرود پر کرده است (تلخابی، ۱۳۸۸). واحدهای تشکیل دهنده منطقه مورد مطالعه به ترتیب سن از جدید به قدیم عبارتند از رسوبات دوران کواترنری، کنگلومرا، شیل، سیلستون، گل سنگ، آهک، مارل، گدازه‌های آندزیتی و گدازه‌های پیروکلاستی می‌باشد.

۲- روش کار

به منظور بررسی وضعیت کیفی آب زیرزمینی از لحاظ کشاورزی در دشت ورامین از متوسط مقادیر پارامترهای کیفی ۷۴ حلقه چاه عمیق که در سال آبی ۱۳۸۷-۱۳۸۸ اندازه‌گیری شده بودند، استفاده گردید. با توجه به اینکه مقادیر مطلق غلظت کاتیون‌های مختلف آب نمی‌توانند به تنهایی به منظور تخمین کیفیت آب یا میزان مضر بودن آب برای گیاه مفید واقع گردد، از شاخص‌های مهم ارزیابی کیفیت آب آبیاری استفاده گردید (علیزاده، ۱۳۶۴). بدین منظور با استفاده از روش درون‌یابی عکس مجذور فاصله نقشه‌های نسبت جذب سدیم[۲]، شاخص تراوایی[۳]، نسبت کلی[۴]، نسبت جذب منیزیم[۵]، باقی‌مانده کربنات سدیم[۶]، درصد انحلال سدیم[۷]، هدایت الکتریکی[۸] و سختی کل[۹] به صورت رستری استخراج گردید. در جدول ۱ مقادیر طبقه‌بندی شده پارامترهای مورد مطالعه آورده شده است.

جدول ۱- مقادیر طبقه‌بندی شده برای پارامترهای کیفیت آبیاری

پارامتر	عالی	خوب	قابل‌قبول	مشکوک	بد
SAR	۳-۰	۶-۳	۱۲-۶	۲۰-۱۲	۴۰-۲۰
SSP	۲۰-۰	۴۰-۲۰	۶۰-۴۰	۸۰-۶۰	۱۰۰-۸۰
MAR	۲۰-۰	۴۰-۲۰	۶۰-۴۰	۸۰-۶۰	۱۰۰-۸۰
PI	۲۰-۰	۴۰-۲۰	۶۰-۴۰	۸۰-۶۰	۱۰۰-۸۰

پارامتر	مناسب	متوسط	نامناسب
EC	کمتر از ۷۰۰	۳۰۰۰-۷۰۰	بیشتر از ۳۰۰۰
RSC	کمتر از ۱/۲۵	۲/۵-۱/۲۵	بیشتر از ۲/۵

۲-۱- وزن‌دهی در نرم‌افزار تحلیل سلسله مراتبی

در این مرحله پارامترهای نسبت جذب سدیم، شاخص تراوایی، نسبت کلی، نسبت جذب منیزیم، باقی‌مانده کربنات سدیم، درصد انحلال سدیم، هدایت الکتریکی و سختی کل در روش تحلیل سلسله مراتبی به صورت زوجی مقایسه شدند تا وزن هر پارامتر تعیین شود. در ادامه با استفاده از روش درون‌یابی عکس مجذور فاصله، نقشه‌های رستری مربوط به هر پارامتر در GIS استخراج و به آن‌ها رتبه مناسب داده شد؛ بدین صورت که بیشترین رتبه مربوط به بدترین و کمترین رتبه مربوط به بهترین کیفیت هر پارامتر می‌باشد. در انتها جهت تعیین صحت وزن‌های بدست آمده از روش AHP و جلوگیری از ایجاد خطاهای احتمالی، نرخ ناسازگاری محاسبه شد و پس از تأیید، وزن‌های نرمال شده تعیین گردید. عملیات وزن‌دهی انجام شد و وزن‌های نهایی هر یک از پارامترهای هیدروشیمیایی در محیط GIS و برای هر یک از لایه‌ها اعمال گردید. معیار رتبه و وزن‌های اعمال شده برای لایه‌های استفاده شده در جدول ۲ آورده شده است. در محدوده مورد مطالعه پارامترهای KR، TH و RSC در محدوده عالی تا خوب قرار گرفتند؛ لذا بر اساس طبقه‌بندی‌های صورت گرفته نمی‌توان آن‌ها را به چندین رده طبقه‌بندی کرد در نتیجه، این پارامترها به چهار رده تقسیم شدند تا تغییرات کیفیت آب در منطقه مورد مطالعه بهتر مشخص شود.

۳- بحث

در این مرحله لایه‌های رتبه‌بندی شده در وزن حاصله از روش تحلیل سلسله مراتبی ضرب شده و حاصل جمع آن‌ها بر مجموع وزن‌های اصلی تقسیم می‌شوند. رابطه (۱) نشان‌دهنده چگونگی ضرب لایه‌ها در هم و برهم نهی لایه‌ها است. شکل ۱ نقشه نهایی حاصل از برهم نهی لایه‌ها را نشان می‌دهد. به طور کل در قسمت‌های شمال غرب، جنوب غرب و غرب منطقه مورد مطالعه وضعیت آب زیرزمینی برای کشاورزی بد و در قسمت‌های مرکز، شمال و شمال شرق کیفیت آب برای کشاورزی مطلوب می‌باشد.

$$[(SAR * 2.3) + (RSC * 1) + (TH * 0.2) + (EC * 2.3) + (KR * 1.15) + (MAR * 0.6) + (PI * 0.45) + (SSP * 1.9)]/10 \quad (۱)$$

۴-نتیجه‌گیری

حدود ۲۴/۷۵ کیلومتر مربع از ۱۶۱/۸۶ کیلومتر مربع از منطقه مورد مطالعه، در محدوده خیلی خوب، ۳۹/۱۷ کیلومتر مربع در محدوده خوب، ۴۸/۸۵ کیلومتر مربع در محدوده متوسط و ۴۹/۰۹ کیلومتر مربع از لحاظ کشاورزی در محدوده بد تعیین شده است. نتایج نشان دادند وضعیت آب زیرزمینی در قسمت‌های شمال غرب، جنوب غرب و غرب منطقه مورد مطالعه برای کشاورزی بد و در قسمت‌های مرکز، شمال و شمال شرق کیفیت آب زیرزمینی برای کشاورزی مطلوب می‌باشد. از میان هشت پارامتر مورد بررسی در روش تحلیل سلسله مراتبی، پارامترهای نسبت جذب سدیم و سختی کل به ترتیب بیشترین و کمترین وزن را به خود اختصاص دادند. در نهایت مشخص گردید حدود ۶۰ درصد از محدوده مطالعاتی در رده متوسط تا بد و تقریباً ۴۰ درصد از منطقه مورد مطالعه در محدوده خیلی خوب تا خوب قرار می‌گیرد. نتایج این روش نشان می‌دهد مطالعه تلفیقی پارامترهای کیفیت آب از نظر آبیاری مناسب‌تر از بررسی این پارامترها به صورت جداگانه است.

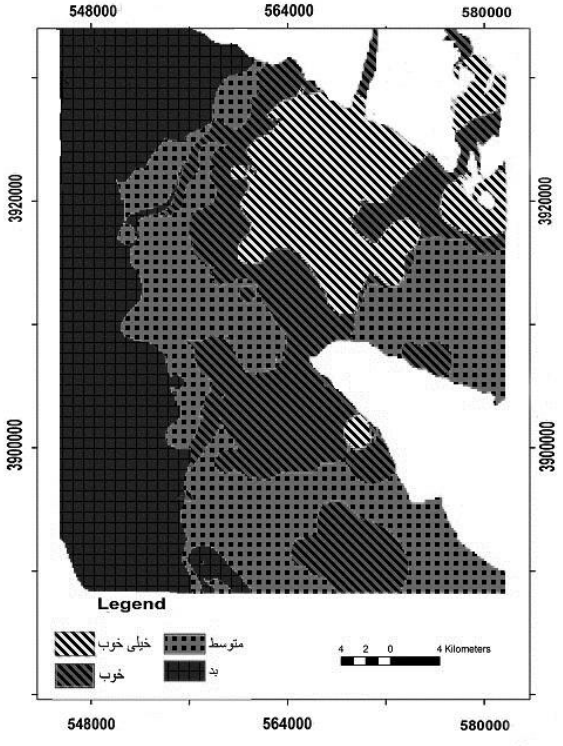
جدول ۲- رتبه و وزن‌های اعمال شده برای لایه‌های مورد استفاده در این مطالعه

پارامتر	شاخص	محدوده	رتبه	وزن نهایی	پارامتر	شاخص	محدوده	رتبه	وزن نهایی
EC	۲/۳	۷۰۰-۴۵۰	۵	۱۱/۵	SAR	۲/۳	۳-۰	۵	۱۶
		۳۰۰۰-۷۰۰	۷	۱۶/۱			۶-۳	۷	۲۲/۴
		بیشتر از ۳۰۰۰	۹	۲۰/۷			۸.۱۳-۶	۹	۲۸/۷
TH	۰/۲	۴۳۰-۱۵۰	۴	۰/۸	SSP	۱/۹	۴۰-۳۵	۴	۴/۴
		۷۰۳-۴۳۰	۵	۱			۶۰-۴۰	۵	۵/۵
		۱۰۲۷-۷۰۳	۷	۱/۴			۸۰-۶۰	۷	۷/۷
		۱۷۴۳-۱۰۲۷	۹	۱/۸			۸۵/۴-۸۰	۹	۹/۹
RSC	۱	(-۱۰/۶)-(-۴/۲)	۴	۴	MAR	۰/۶	۲۰-۱۸	۴	۲/۴
		(-۴/۲)-(-۱/۹)	۵	۵			۴۰-۲۰	۵	۳
		(-۱/۹)-(-۰/۳۵)	۷	۷			۶۰-۴۰	۷	۴/۲
		(-۰/۳۵)-(۲/۷)	۹	۹			۷۲-۶۰	۹	۵/۴
KR	۱/۱۵	۰/۴۴-۰/۲۱	۴	۴/۶	PI	۰/۴۵	۴۰-۲۹	۵	۲/۲۵
		۰/۶-۰/۴۴	۵	۵/۷۵			۶۰-۴۰	۷	۳/۱۵
		۰/۸۴-۰/۶	۷	۸/۰۵			۸۰-۶۰	۹	۴/۰۵
		۱/۵۸-۰/۸۴	۹	۱۰/۳۵					

(مقادیر SSP، MAR، PI بر حسب درصد، RSC بر حسب میلی اکی والان بر لیتر، SAR بدون واحد و EC بر حسب µm/s می‌باشد)

پی‌نوشت‌ها

1- AHP
2- SAR
3- PI
4- KR
5- MAR
6- RSC
7- SSP
8- EC
9- TH



شکل ۱- نقشه نهایی حاصل از برهم نهی لایه‌ها

۵- مراجع

احمدنژاد ز، کلانتری ن، کشاورزی م، بوسلیک ز، سجادی ز (۱۳۸۹) بررسی و ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت زیر راه با استفاده از GIS. چهاردهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین، دانشگاه ارومیه.

تلخابی م (۱۳۸۸) برتری روش c- میانگین فازی در بیان توزیع رخساره‌های هیدروشیمیایی سیستم آب زیرزمینی دشت ورامین. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم.

رضایی م (۱۳۸۸) کاربرد آنالیزهای چند متغیره اندیس‌های اشباع و دیاگرام‌های ترکیبی در تحلیل کیفی آبخوان آبرفتی دشت کرمان. مجله تحقیقات منابع آب ایران، شماره ۳:۲۸-۳۸.

طایفه نسکیلی ن، برشنده س (۱۳۸۹) بررسی کیفی منابع آب زیرزمینی حاشیه دریاچه ارومیه از نظر مصارف شرب و کشاورزی با استفاده از GIS. چهاردهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین، دانشگاه ارومیه.

علیزاده ا (۱۳۶۴) کیفیت آب در آبیاری. چاپ اول، انتشارات آستان قدس رضوی.

معروفی ا، ترنجیان ا، زارع ابیانه ح (۱۳۸۸) ارزیابی روش‌های زمین آمار جهت تخمین هدایت الکتریکی و pH زه آب‌های آبراهه‌ای همدان–بهار. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ش. ۱۶.

هیبتی ز، قدرت م، میرعرب ع (۱۳۸۹) کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در پتانسیل یابی منابع آب کارستی با استفاده از داده‌های ارتفاعی رادار (SRTM). چهاردهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین، دانشگاه ارومیه.

Christakos G (2000) Modern spatiotemporal geostatistics, Oxford University Press.

Omkarprasad V, Sushil K (2006) Analytic hierarchy process: An overview of applications. European Journal of Operational Research 169:1-24

Ozcan R (2007) Assessment of the water quality of Troia for the multipurpose usages. Environ Monit Assess, 130: 389-40.

Saaty L (1980) The analytic hierarchy process. Pittsburgh: RWS Publications.

Sadashivaiah C (2008) Hydrochemical analysis and evaluation of groundwaterqualityin TumkurTaluk Karnataka. Indian Environ Res Public Health 5(3): 158-164.

Theodossiou N, Latinopoulos P (2006) Evaluation and optimization of groundwater observation networks using the kriging methodology, Environmental Modelling & Software 21: 991–1000.