Archive of SID

تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال شانزدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹
Volume 16, No. 1, Spring 2020 (IR-WRR)
۴۴۷-۴۵۲

Technical Note

Groundwater Potential Zoning Using GIS, DEMATEL and Analytical Network Process (Case Study of Ardabil Plain Basin)

S.S. Rasi Nezami [1], A. Dalir [2], and E. Sharghi [3]*

Abstract

Determining the proper locations for groundwater extraction in a region by using field observations, geo electric, geophysics and other similar methods, requires considerable time and cost. Determining the appropriate range and locations using existing data can play an important role in managerial decision making. In the current research, required data from organizations, field studies, and Geographic Information System (GIS) were prepared. Then, the potential of groundwater resources was obtained using the ArcGIS software, DEMATEL and Analytical Network Process (ANP) as powerful Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods. ANP and DEMATEL methods have been used to determine the weight of different themes and their categorization classes to identify the potential groundwater abstraction area. Consequently, the study area was divided into seven sub basins in terms of potential of groundwater resources and change in groundwater consumption, using GIS software. Results showed that 1.94% of the basin has very weak potential, 21.5% weak potential, 39% average potential, 22% good potential, 11% very good, 4.54% excellent and 0.11% of it has a very high potential for groundwater extraction. Moreover, results indicated that land use change to agriculture and urban areas, which reduces the level of groundwater resources recharge, and high agricultural exploitation from groundwater sources were identified as the main causes of groundwater resources threatening in the studied basin.

Keywords: Groundwater Potential, Analytical Network Process (ANP), Multi Criteria Decision Making (MCDM), ArcGIS, DEMATEL.

Received: June 23, 2018
Accepted: June 18, 2019

1- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Technical and Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. Email: rasinezami@uma.ac.ir
2- M.Sc. Graduate of Water Resources Engineering, Department of Water Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran. Email: elnaz_sharghi@yahoo.com
*- Corresponding Author

یادداشت فنی

پهنه‌بندی پتانسیل آب زیرزمینی با استفاده از تلفیق GIS، DEMATEL و فرآیند تحلیل شبکه ANP (مطالعه موردی حوضه آبریز دشت اردبیل)

سیدسعید راثی نظامی[۱*]، علی دلیر[۲] و الناز شرقی[۳]

چکیده

تعیین مکان‌های مناسب استحصال آب زیرزمینی در یک منطقه با استفاده از برداشت‌های میدانی، تجهیزات ژئوالکتریک، ژئوفیزیک و دیگر روش‌های مشابه، نیازمند صرف وقت و هزینه قابل‌توجه می‌باشد. تعیین محدوده و مکان‌های مناسب با استفاده از داده‌های موجود می‌تواند نقش مهمی در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی داشته باشد. در این تحقیق به منظور پهنه‌بندی پتانسیل منابع آب زیرزمینی در دشت اردبیل، داده‌های مورد نیاز، از سازمان‌ها، مطالعات میدانی و سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شده است. سپس، پتانسیل منابع آب زیرزمینی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS، روش تصمیم‌گیری DEMATEL و فرایند تحلیل شبکه (ANP) بعنوان روش‌های توانمند تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) به دست آمد. وزن پارامترهای مختلف و کلاس طبقه‌بندی آنها به منظور شناسایی مناطق مستعد بهره‌برداری از آب زیرزمینی با استفاده از ANP و MCDM بدست آمد. در نهایت، با استفاده از GIS، محدوده مورد مطالعه از نظر پتانسیل منابع آب زیرزمینی و میزان مصرف از این منابع به هفت زیرمحدوده مختلف تقسیم شد. نتایج نشان داد که ۱/۹۴درصد از کل حوضه دارای پتانسیل خیلی ضعیف، ۲۱/۵ درصد پتانسیل ضعیف، ۳۹ درصد پتانسیل متوسط، ۲۲ درصد پتانسیل خوب، ۱۱ درصد پتانسیل خیلی خوب، ۴/۴۵ درصد پتانسیل عالی و ۰/۱۱ درصد دارای پتانسیل بسیار بالای آب زیرزمینی دارد. به‌علاوه، تغییرکاربری اراضی به کشاورزی و شهری که موجب کاهش میزان تغذیه منابع آب زیرزمینی می‌شوند و مصارف بالای کشاورزی از منابع آب زیرزمینی عوامل اصلی تهدید کننده منابع آب زیرزمینی حوضه مورد مطالعه شناسایی شدند.

کلمات کلیدی: پتانسیل آب زیرزمینی، فرآیند تحلیل شبکه (ANP)، تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)، ArcGIS، DEMATEL.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۴/۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۳/۲۸

۱- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی.
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت منابع آب، گروه مهندسی عمران-آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز.
۳- استادیار، گروه مهندسی عمران-آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز.
*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان تابستان ۱۳۹۹ امکانپذیر است.

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

منابع آب به خصوص آب‌های زیرزمینی که یکی از منابع مهم آب در ایران و جهان می‌باشد، همواره با تهدیداتی مواجه است. رشد جمعیت و افزایش تقاضا به افزایش و توسعه کشاورزی و صنعت برای برطرف کردن نیازها منجر گردیده است و فشارهایی از قبیل تغییرکاربری اراضی و مصرف بیش از حد این منابع در بخش شرب، کشاورزی و صنعت منجر به استحصال بیش از حد آب زیرزمینی شده است. این امر در دشت اردبیل با افت عمق آب زیرزمینی پدیدار شده است که اثرات ناخوشایندی از قبیل کمی آب رودخانه‌ها، افت کیفی آبخوان و خشک شدن باغات و اراضی را در پی داشته است. برای مدیریت این منابع ارزشمند، به ارزیابی یکپارچه محیط زیست که یکی از بهترین و مؤثرترین اقدامات اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی، در راستای افزایش آگاهی و شناخت درباره منابع آب زیرزمینی می‌باشد؛ نیازمند هستیم. باتوجه به هزینه زیاد حفر و تجهیز چاه، پایداری استحصال منابع آب همواره یکی از مهمترین پارامترها در استحصال منابع آب زیرزمینی محسوب می‌شود. تعیین محدوده و مکانهای مناسب با استفاده از داده‌های موجود می‌تواند نقش مهمی در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی داشته باشد (Malek Mohammadi et al., 2015).

Nag and Ghosh (2013) در مطالعه‌ای اقدام به پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی در منطقه چاتنا در غرب بنگال هندوستان به‌وسیله سنجش از دور[۱] (RS) و تکنیک سیستم اطلاعات جغرافیایی[۲] (GIS) کردند که در آن از نقشه‌های توپوگرافی و داده‌های مشاهداتی زمین برای استخراج ویژگی‌های هیدروژئومورفیک استفاده کردند و از تصاویر ماهواره‌ای به همراه سایر داده‌های موجود برای استخراج اطلاعات برای ویژگی‌های کنترلی آب زیرزمینی استفاده کرده‌اند. Nico Amal Kerman et al. (2012) از سه روش معکوس فاصله[۳] (IDW)، کریجینگ[۴] و اسپیلاین[۵] برای تعیین سطح آب زیرزمینی دشت سرخون استان هرمزگان استفاده کردند که تفاوت معنی‌داری بین نتایج بدست آمده از روش‌های مورد بررسی مشاهده نشد. Dar et al. (2011) نقشه‌های تماتیک از قبل تهیه شده را تبدیل به فرم رستر کردند تا به راحتی با استفاده از GIS یکپارچه شوند. تهیه نقشه خطوط[۶] برای منطقه‌ای با سازند سخت بسیار مفید است به دلیل تحت تأثیر بودن ذخیره‌سازی و حرکت آب‌های زیرزمینی توسط ویژگی‌های خطی، برای تعیین در دسترس بودن آب‌های زیرزمینی نقشه‌های تماتیک مختلف از جمله: نقشه زمین‌شناسی، خطوط، ژئومورفولوژی، زهکشی که به وسیله سنجش از دور و نقشه‌های توپوگرافی تهیه شدند. نقشه‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی با استفاده از ArcGIS و نرم‌افزار ERDAS به دست آمدند که برای تهیه نقشه چشم‌انداز آب زیرزمینی از همه این نقشه‌ها استفاده شد.

در پژوهشی، Asghari Moghadam and Kurd (2014) به مدل‌سازی عددی آبخوان دشت اردبیل و مدیریت آن با استفاده از بهینه‌سازی پرداختند. نتایج نشان داد که مقادیر بهره‌برداری که در آماربرداری آورده شده است بسیار کمتر از آن است که در واقعیت رخ می‌دهد. علت این موضوع را می‌توان به وجود چاه‌های بهره‌برداری غیرمجاز و احتمالاً خطا در آمار بهره‌برداری نسبت داد. Vaezi Hir (2013) در پژوهشی پتانسیل منابع آب زیرزمینی در سازندهای سخت حوضه بالیخلی چای سرشاخه صائین با استفاده از روش سلسله و مراتبی و GIS با در نظر گرفتن ۹ پارامتر مؤثر بر ایجاد آبخوانهای سازند سخت مورد ارزیابی قرار داد و نتایج نشان داد که ۱۶/۶ درصد از مساحت حوضه دارای بیشترین پتانسیل برای تشکیل آب زیرزمینی بوده و عمدتاً شامل واحدهای الیوین بازالتی و آندزیت‌های پیروکسن‌دار و واحدهای تراکیتی می‌باشد.

Zamani (2013) در پژوهشی بررسی پتانسیل منابع آب زیرزمینی در سازندهای سخت حوضه آغلاغان چای (نیر) از حوضه‌های آبریز استان اردبیل را مورد ارزیابی قرار داد. نتایج نشان داد که نفوذپذیری سنگ‌های منطقه که بطور غالب سنگهای آذرین هستند بسیار ناچیز است و اغلب گسل‌های فراوانی که در منطقه وجود دارد نیز زون‌های گسلی ناتراوا و یا بسیار کم تراوایی دارند. درنتیجه بیشتر آب ورودی به حوضه نفوذ کمی در آب‌های زیرزمینی حوضه داشته و از حوضه خارج می‌شود. Cheng and Li (2004) بیان کردند که ANP عملکرد AHP را گسترش می‌دهد و روش مناسب برای تصمیم‌گیری چند معیاره که در بر گیرنده روابط متقابل است، می‌باشد. Gheshlaghi and Feizizadeh (2017) مطالعه‌ای با هدف ارزیابی اثربخشی ترکیب مدل فرایند تحلیل شبکه[۷] (ANP) و منطق فازی[۸] در نقشه‌برداری خطر لغزش در حوضه آذرشهر در شمال غرب ایران انجام دادند. Grimaldi et al. (2017) برای ایجاد ارتباط بین برنامه‌های ایجاد زیرساخت‌های منابع آب و برنامه‌ریزی‌های شهری جهت تأمین تقاضا در آینده از ترکیب سیستم اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل شبکه استفاده کردند.

در تحقیق حاضر، مکان‌های دارای پتانسیل خوب جهت استحصال منابع آب زیرزمینی آبرفتی و سازند سخت، برای اولین بار با استفاده از تلفیق مدل‌های GIS، DEMATEL و فرآیند تحلیل شبکه ANP در حوضه آبریز دشت اردبیل با مدنظر قراردادن پارامترهای مؤثر در تغذیه و شکل‌گیری منابع آب زیرزمینی شناسایی می‌شود تا جهت مدیریت

www.SID.ir

Archive of SID

استحصال از آن توسط مدیران بخش آب منطقه مورد مطالعه مورد استفاده قرارگیرد.

۱-۲- معرفی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز دشت اردبیل با مختصات جغرافیایی ۴۸ تا۴۸/۳۰ طول خاوری و ۳۸ تا۳۸/۳۰ عرض شمالی در شمال–غربی ایران قرار دارد (شکل ۱). شهر اردبیل در مرکز این ورقه زمین‌شناسی مشاهده می‌شود و شهرستان نمین دیگر مرکز پرتجمع این حوضه آبریز می‌باشد. رودخانه قره‌سو بزرگترین رودخانه منطقه از کوه‌های طالش سرچشمه گرفته و پس از آبیاری دشت اردبیل به سمت غرب جریان می‌یابد. رودخانه بالیخلی‌چای و قره‌چای و چند رود دیگر از دامنه‌های سبلان سرچشمه گرفته و به رودخانه قره‌سو می‌ریزند.

از نظر مورفولوژی حدود یک سوم ورقه را دشت اردبیل می‌پوشاند که توسط رسوبات آبرفتی از جنس سیلت و رس پوشیده شده است. پایین‌ترین نقطه دشت ۱۲۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. قسمتی از کوه سبلان که بخش اعظم آن در چهارگوش اهر واقع شده، با ارتفاع ۲۵۰۰ متر از سطح دریا در ورقه اردبیل قرار دارد. قله سبلان با ارتفاع ۴۸۲۰ متر از سطح دریا در ۴۰ کیلومتری غرب شهرستان اردبیل قرار گرفته است.

شهرستان اردبیل دارای آب و هوای معتدل تا سرد و مـــرطوب است.

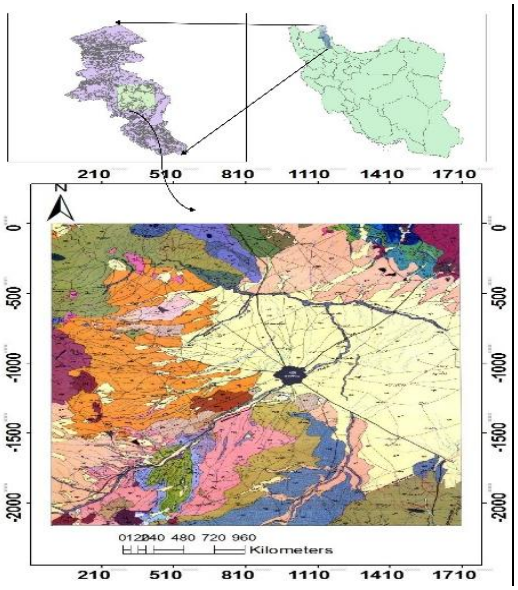

Fig. 1- Location of studied basin and geological view of Ardebil

شکل ۱- موقعیت حوضه مورد مطالعه و نمای ورقه زمین‌شناسی اردبیل

ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۴۵ متر و میانگین بارندگی سالانه آن حدود ۳۵۰ میلی‌متر است. شکل ۲ هیدروگراف واحد دشت اردبیل را نشان می‌دهد.

۲- روش انجام کار

برای توسعه لایه‌ها که گام اول در این تحقیق است، نقشه‌های موجود و داده‌های میدانی برای استخراج اطلاعات مربوط رقومی‌سازی شدند. رابطه بین لایه‌های اطلاعاتی با روش DEMATEL استخراج شد و وزن‌دهی لایه‌ها با روش ANP به دست آمد. فرایند تحلیل شبکه‌ای، ضمن حفظ کلیه قابلیت‌های تحلیل سلسله مراتبی[9] (AHP) از جمله سادگی، انعطاف‌پذیری، بکارگیری معیارهای کمی و کیفی به طور همزمان، قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت‌ها و امکان رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها، می‌تواند بر محدودیت‌های جدی آن، از جمله درنظر نگرفتن وابستگی‌های متقابل بین عناصر تصمیم، سلسله مراتبی و یکطرفه است، فائق آمده است (Zabardast, 2011).

۲-۱- تصمیم‌گیری آزمون و ارزیابی آزمایشگاهی[10] (DEMATEL)

Karsak et al. (2003) این تکنیک را توسعه داده و گام‌های اصلی آن را مشتمل بر این موارد ارائه دادند: (۱) تعیین عوامل موجود در مسئله، (۲) تعیین روابط حاکم بین عوامل با مقایسه زوجی آنها، (۳) محاســـبه ماتریس مستقیم با استفاده از مقایسات زوجی گروهی، (۴)

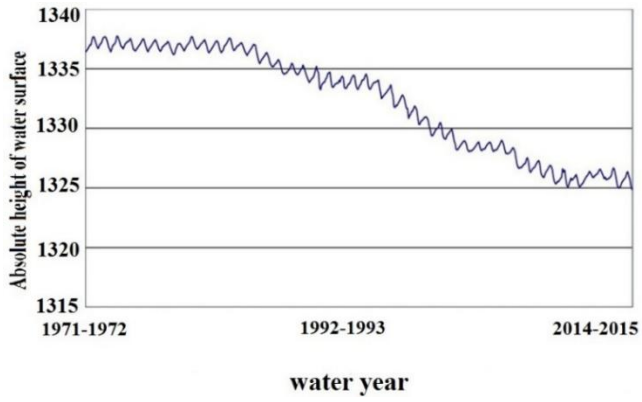

Fig. 2- Unit Hydrograph of Ardebil plain

شکل ۲- هیدروگراف واحد دشت اردبیل

www.SID.ir

Archive of SID

نرمال‌سازی ماتریس میانگین، (۵) محاسبه ماتریس روابط کل که دراین گام ماتریس شدت نسبی موجود از روابط مستقیم و غیر مستقیم (S) با توجه به فرمول زیر، تشکیل می‌شود:

(۱)

$$S = N + N^2 + N^3 + \cdots + N^t = \frac{N(1-N^t)}{I-N} = \frac{N}{I-N} = N(I-N)^{-1}$$

$$\lim_{t\to\infty} N^t = 0 \qquad (۲)$$

محاسبه شدت ممکن از روابط غیرمستقیم:

شدت ممکن از روابط غیر مستقیم (از عناصر موجود بر یکدیگر) از طریق مجموع تصاعد هندسی زیر با استدلالی مشابه قبل، محاسبه می‌شود:

$$T_{t\to\infty} = N^2 + N^3 + N^4 + \cdots + N^t = N^2(I-N)^{-1} \qquad (۳)$$

و (۶) تحلیل ماتریس کامل که در آن R جمع سطری درایه‌ها است و برای هرعامل معرف میزان تاثیرگذاری آن بر سایر عناصر سیستم مورد بررسی است، J جمع ستونی درایه‌ها است و برای هر عامل معرف شدت تأثیرپذیری عامل مذکور از سایر عناصر سیستم مورد بررسی است و R+J بردار برتری است که بردار افقی بوده و میزان تأثیر و تأثر عامل موردنظر درسیستم است. به عبارت دیگر هرچه مقدار R+J عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عناصر سیستم دارد؛ لذا وزن (اهمیت) عامل در سیستم بیشتر است (Wu, 2008).

تکنیک DEMATEL یک رتبه‌بندی از گزینه‌ها را به ما نمی‌دهد؛ بلکه برای تعیین میزان اثرگذاری و اثرپذیری معیارهای یک سیستم (که در ادبیات روش به آن عامل گفته می‌شود) کاربرد دارد. این تکنیک اغلب بصورت مستقل عمل نمی‌کند بلکه به عنوان زیر روشی از روش‌های دیگر خصوصاً فرایند تحلیل شبکه است.

۳- نتایج و تحلیل نتایج

دشت اردبیل طی سال‌های اخیر با افت سطح ایستابی روبرو بوده است. برای این منظور، در این مطالعه لایه‌های مؤثر در منابع آب زیرزمینی شامل لایه‌های شیب، جهت شیب، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، رقوم ارتفاعی، تراز آب زیرزمینی، هدایت هیدرولیکی، کاربری زمین، گسل و بارش مورد بررسی قرار گرفته و در ادامه پهنه‌بندی مکان‌های مناسب جهت استحصال آب زیرزمینی تهیه شده است. اولویت‌های به دست آمده برای هرکدام از گره‌ها در شکل ۳ بیان شده است. آبرفتی بودن دشت اردبیل در بحث نفوذ و تغذیه منابع آب زیرزمینی بسیار مفیداست؛ اما در بحث برداشت منابع آب زیرزمینی به دلیل سهولت برداشت از طریق احداث چاه‌های نیمه عمیق و عمیق نگران‌کننده می‌باشد که نیاز به مدیریت و بازنگری در مجوزهای برداشت از منابع آب زیرزمینی این سازندها را دارد. با توجه به تمرکز مصرف آب زیرزمینی در بخش کشاورزی و قرارگرفتن زمین‌های کشاورزی آبی و اکثر چاه‌های برداشت آب در محدوده آبرفتی دشت، منابع آب زیرزمینی که به صورت محدود وجود دارند باید به صورت بهینه برداشت و مدیریت شوند. همانگونه که در شکل ۴ نشان داده شده است، تقریباً همه چاه‌های مجاز و غیرمجاز دشت در محدوده آبرفتی دشت واقع هستند.

همان‌گونه که درشکل ۵ مشاهده می‌شود، پتانسیل منابع آب زیرزمینی حوضه آبریز دشت اردبیل به هفت منطقه با پتانسیل‌های خیلی ضعیف، ضعیف، متوسط، خوب، بسیارخوب، عالی و پتانسیل بسیار بالا برای برداشت تقسیم می‌شود. ۱/۹۴ درصد دشت دارای پتانسیل ضعیف، ۲۱/۵ درصد پتانسیل ضعیف، ۳۹ درصد پتانسیل متوسط، ۲۲ درصد پتانسیل خوب، ۱۱ درصد پتانسیل خیلی خوب، ۴/۴۵ درصد پتانسیل عالی و ۰/۱۱ درصد دارای پتانسیل بسیار بالا برای برداشت آب زیرزمینی می‌باشد. دلیل تفاوت پتانسیل در نقاط مختلف حوضه آبریز اردبیل عوامل مختلفی ازجمله: تفاوت شیب (شیب زیاد باعث کاهش پتانسیل منابع آب زیــرزمینی می‌شود) و تفاوت جنس ساختار زمین‌شناسی (ساختارهای تشکیل شده از گدازه‌های آتشفشانی دارای نفوذپذیری کمتر هستند، آبرفت‌های ریزدانه مانند یک سد عمل می‌کنند و مانع عبور جریان آب زیرزمینی می‌شوند که باعث ذخیره منابع در محل تشکیل این نوع ساختار زمین شناسی می‌شوند) می‌باشد. ناحیه مرکزی دشت اردبیل که آبرفتی می‌باشد، دارای پتانسیل مناسب بهره‌برداری می‌باشد و اکثر چاه‌ها و زمین‌های کشاورزی نیز در این محدوده قرار دارند.

۴- جمع‌بندی

افزایش روزافزون وسعت زمین‌های کشاورزی در دشت اردبیل موجب افزایش نیاز و مصرف آب دربخش کشاورزی بوده و از سوی دیگر به علت کاهش منابع آبی منطقه بدلیل تأثیرات عمده تغییرات اقلیمی، بخش کشاورزی که مهمترین منبع درآمد استان اردبیل می‌باشد، با کمبود جدی آب مواجه شده است که این ریسکی برای تأمین پایدار غذا و حتی تامین آب مورد نیاز شرب از لحاظ کمی و کیفی دردشت اردبیل می‌باشد. استفاده‌های بی‌رویه و بی‌برنامه از منابع آب زیرزمینی این دشت موجب بیلان منفی منابع آب زیرزمینی بسیاری از مناطق دشت شده است. یکی از مزیت‌های مهم نقشه پهنه‌بندی به‌دست آمده، استفاده پارامترهای متنوع و مؤثر برپتانسیل منابع آب زیرزمینی است که با روش تحلیل شبکه ترکیب شده است و این امکان را فراهم کرده که روابط درونی یا بازخور نیز در مدل وجود داشته باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

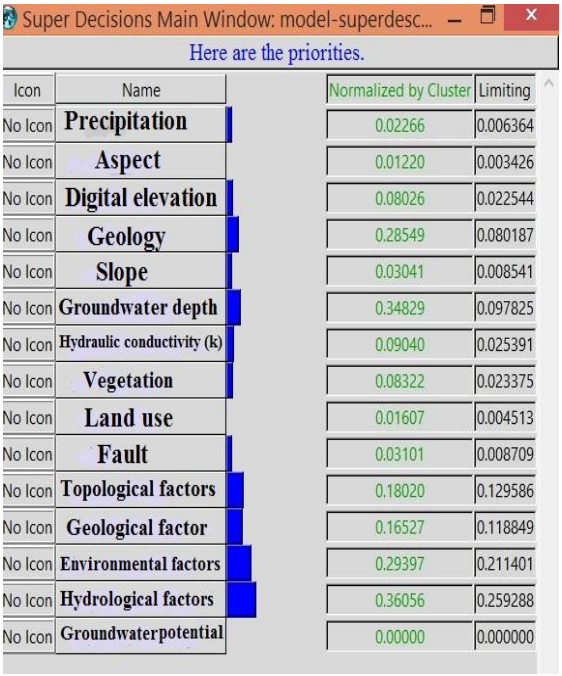

Fig. 3- Priorities of the nodes in the Super Decision
شکل ۳- اولویت‌های گره‌ها در نرم‌افزار Super Decision

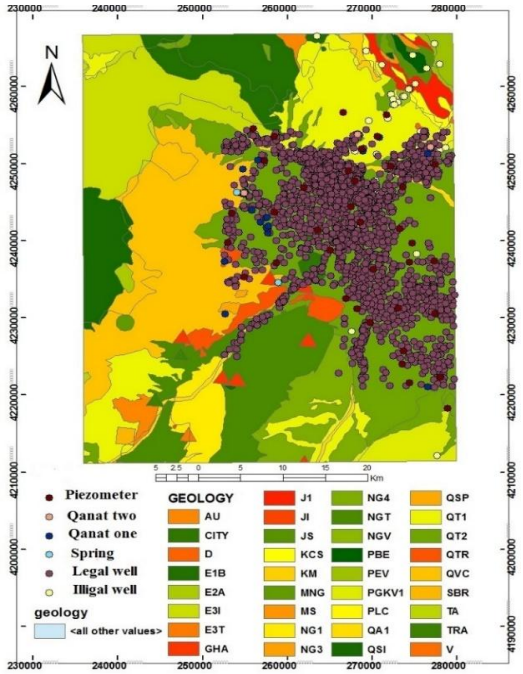

Fig. 4- Legal and illegal wells map
شکل ۴- نقشه چاه‌های مجاز و غیرمجاز

برنامه‌ریزی مدیریت پایدار استحصال منابع آب زیرزمینی در حوضه مورد مطالعه، پیشنهاد می‌شود از برداشت آب مورد نیاز دشت از قسمت آبرفتی آبخوان دشت اردبیل تمرکززدایی شده و از مناطق دیگر دارای پتانسیل مناسب منابع آب زیرزمینی که در این تحقیق مشخص شدند، استفاده شود.

۵- تقدیر و تشکر

در پایان، از زحمات کارشناسان محترم اداره آب منطقه‌ای اردبیل بخاطر همکاری در ارائه اطلاعات جهت انجام تحقیق حاضر، تشکر و قدردانی می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

1-Remote Sensing
2- Geographic Information System
3- Inverse Distance Weighting
4- Kriging
5- Spline
6- Lineament
7- Analytical Network Process
8- Fuzzy Logic
9- Analytical Hierarchy Process
10- Decision Making Trial and Evaluation Laboratory

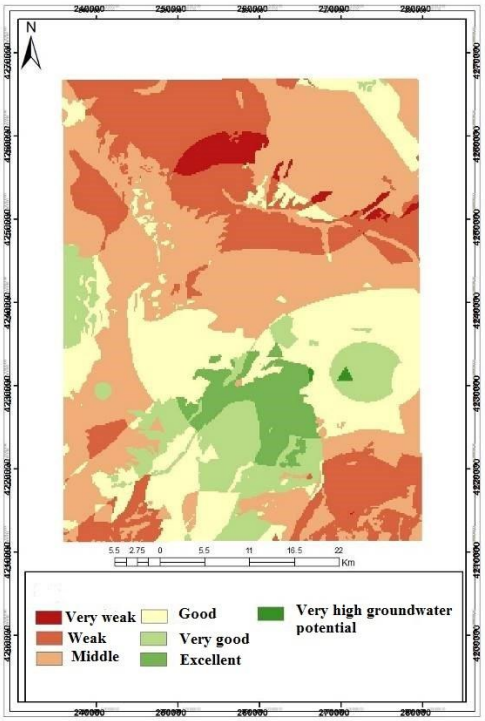

Fig. 5- groundwater potential map
شکل ۵- نقشه پتانسیل منابع آب زیرزمینی دشت اردبیل

این شرایط باعث ایجاد دید بهتری از منطقه در مقایسه با مدل‌های به دست آمده از روش‌های سلسه مراتبی از منطقه را ارائه می‌دهد. جهت

www.SID.ir

Archive of SID

۶- مراجع

Asghari Moghadam A and Kurd M (2014) Numerical modeling of Ardebil plain aquifer and its management using optimization of Ardebil plain. Applied Research Design of Ardabil Regional Water Company (In Persian)

Cheng EW and Li H (2004) Contractor selection using the analytic network process. Construction Management and Economics 22(10):1021-1032

Dar I A, Sankar K, and Dar M A (2011) Deciphering groundwater potential zones in hard rock terrain using geospatial technology. Environmental Monitoring and Assessment 173(1-4):597-610

Gheshlaghi H A and Feizizadeh B (2017) An integrated approach of analytical network process and fuzzy based spatial decision making systems applied to landslide risk mapping. Journal of African Earth Sciences 133:15-24

Grimaldi M, Pellecchia V, and Fasolino I (2017) Urban plan and water infrastructures and DEMATEL approach. Sustainability 9(771):1-23

Malek Mohammadi B, Azizi A, Amini Parsa V, and Alipour M (2015) Investigating the environmental impact of underground water damage in Ardabil Plain. Applied Research Project of Ardebil Regional Water Company (In Persian)

Nag S and Ghosh P (2013) Delineation of groundwater potential zone in Chhatna Block, Bankura District, and West Bengal. India Using Remote Sensing and GIS Techniques Environmental Earth Sciences 70(5):2115-2127

Nico Amal Kermani M, Pour Asgharian A, Nahvi M, and Dehghani A (2012) Evaluation of interpolation methods in groundwater estimation (Case study of Sarkhoon Plain). In: First National Conference on Desert, International Center for the Study of the Desert of Tehran University (In Persian)

Vaezi Hir A (2013) Investigating the potential of groundwater resources in the hard formations of Ardebil province watersheds, Case study: Baliqlou Chay basin, Saien branch. Applied Research Project of Tabriz University (In Persian)

Wu WW (2008) Choosing knowledge management strategies by using a combined ANP and DEMATEL approach. Expert Systems with Applications 35(3):828-835

Zabardast A (2011) Application of Network Analysis Process (ANP) in urban and regional planning fine arts. Architecture and Urban Design 41:71-90 (In Persian)

Zamani B (2013) Investigating the potential of groundwater resources in the hard formations of Ardebil province watersheds, Case study of Aghlaghan Chay Basin (Nir). Applied Research Project of Ardebil Regional Water Company (In Persian)

www.SID.ir