



## شانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران

### پهنه‌بندی میزان ضخامت لایه تغذیه شونده آبخوان فارسان- جونقان با

### استفاده روش نوسانات سطح ایستابی (WTF)

محسن افروزی ۱، حسین محمدزاده ۲، غلامرضا لشکری پور ۳، مجید کاظمی ۴  
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

[afrooz533@yahoo.com](mailto:afrooz533@yahoo.com)

۲- دکتری منابع آب و محیط زیست، مرکز تحقیقات آبهای زیرزمینی (متاب)، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد  
[mohammadzadeh@um.ac.ir](mailto:mohammadzadeh@um.ac.ir)

۳- دکترای زمین شناسی مهندسی، استاد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد،  
[lashkaripour@um.ac.ir](mailto:lashkaripour@um.ac.ir)

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد  
[majid.kazemi65@yahoo.com](mailto:majid.kazemi65@yahoo.com)

#### چکیده:

پهنه‌بندی میزان تغذیه آبخوان به عنوان یک عنصر اساسی در چرخه هیدروژئولوژیکی در نقاط مختلف یک دشت می‌تواند کمک موثری به مدیریت صحیح آبخوان در شناخت مناطق بحرانی و غیر بحرانی آبخوان بنماید. در این تحقیق پهنه‌بندی میزان تغذیه خالص آبخوان دشت فارسان- جونقان در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از نوسانات تراز سطح ایستابی (WTF) در فاصله ماه‌های آبان تا اردیبهشت سال آبی ۹۰-۱۳۸۹ مورد ارزیابی قرار گرفت. براساس نقشه پهنه‌بندی میزان تغییرات تراز سطح ایستابی، بیشترین نوسان سطح آب زیرزمینی در محدوده‌های شمال غربی آبخوان با میزان ۶ الی ۱۰ متر و کمترین مقدار آن در قسمتهای جنوب شرق و مرکز آبخوان بین ۰/۵- تا ۱/۲ متر برآورد شده است. نتایج حاصل از نقشه پهنه‌بندی ضخامت لایه تغذیه شونده آبخوان نیز نشان می‌دهد که بیشترین ضخامت لایه تغذیه شونده در محدوده روستاهای گوجان، ده‌چشمه و عیسی‌آباد بین ۰/۳۵ الی ۰/۵ متر و کمترین مقدار ضخامت لایه تغذیه شونده در محدوده جونقان و برابر ۰/۰ الی ۰/۰۸ متر می‌باشد. با احتساب مساحت در بر گیرنده هر محدوده ضخامت لایه تغذیه شونده آبخوان به طور متوسط حجم تغذیه آبخوان طی دوره آماری در نظر گرفته شده (۷ ماه) حدود ۲۰/۱۴ میلیون متر مکعب می‌باشد. مهمترین عوامل بر میزان بیشینه تغذیه این آبخوان می‌توان به وجود سازندهای آهکی کارست‌شونده در قسمت‌های شمالی آبخوان اشاره نمود.

واژه های کلیدی: تغذیه آب زیرزمینی، سطح ایستابی، WTF، GIS

#### مقدمه :

نیاز روز افزون به توسعه منابع آب زیر زمینی و لزوم مدیریت صحیح بر آن، اطلاعات زیادتر و دقیق‌تری را در مورد حجم ذخیره و نرخ تغذیه آب زیر زمینی می‌طلبد. دسترسی به این اطلاعات اجازه می‌دهد تا برنامه

ریزی منطقی برای توسعه بیشتر متناسب با مقدار ذخیره موجود، امکان پذیر شود. در مقابل، برنامه ریزی نادرست و توسعه بیش از حد، به این معنی که استحصال آب زیر زمینی بیشتر از مقدار تغذیه طبیعی آب زیر زمینی باشد، می تواند یک سری مشکلات اساسی از قبیل افت سطح آب زیر زمینی، نشست زمین و غیره را به وجود آورد.

تغذیه آب زیرزمینی از سطح زمین، یک عنصر اساسی در چرخه هیدروژئولوژیکی و یکی از مؤلفه‌های اصلی مطالعات بیلان می باشد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۰). منبع اصلی تغذیه آب‌های زیرزمینی نزولات جوی است. قسمتی از نزولات آسمانی در زمین نفوذ می‌کند و به صورت رطوبت خاک ذخیره می‌شود، پس از تأمین رطوبت مورد نیاز لایه‌های سطحی و در صورت ادامه عمل نفوذ، آب مازاد به لایه‌های زیرین حرکت می‌کند و به آبهای زیرزمینی می‌پیوندد. تغذیه هنگامی رخ می‌دهد که جریانهای آبی از سطح زمین به درون زون اشباع وارد شود. فاکتورهای زیادی همچون توپوگرافی لیتولوژی ساختارهای زمین شناسی، عمق هوازدگی، توسعه عوارض، تخلخل اولیه، تخلخل ثانویه و آب و هوا بر روی ظهور و حرکت آبهای زیر زمینی در یک منطقه تأثیر دارند (Shaban et al., 2006).

روش‌های مختلفی برای محاسبه میزان تغذیه آب زیرزمینی وجود دارد که از جمله این روشها می توان به بیلان کلی حوضه، نشت سنجی<sup>۱</sup>، کاربرد ردیاب‌ها<sup>۲</sup>، مدل‌های عددی<sup>۳</sup>، نوسانات سطح آب زیرزمینی<sup>۴</sup> (Healy & Cook, 2002) و مدل حرکت تجمعی بارش<sup>۵</sup> (سلطانی و عابدی، ۱۳۸۹) اشاره نمود. در این تحقیق پهنه‌بندی میزان تغذیه خالص طبیعی آب زیرزمینی دشت فارس- جوقان به کمک مدل نوسانات سطح ایستابی (WTF) در سال آبی ۹۰-۱۳۸۹ مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

### موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه:

دشت فارس- جوقان در موقعیت جغرافیایی ۲۲° ۵۰' تا ۴۷° ۵۰' طول شرقی و ۲۹° ۳۲' تا ۲۲° ۰۴' عرض شمالی به مساحت ۱۱۰ کیلومترمربع و با ارتفاع متوسط ۲۰۰۰ متر از سطح دریا در قسمت خروجی حوضه آبریز فارس- جوقان قرار دارد. براساس تقسیمات سیاسی محدوده مطالعاتی جزء استان چهارمحال و بختیاری محسوب می‌گردد. مرتفع‌ترین نقطه حوضه با ارتفاع ۳۶۲۱ متر از سطح دریا در غرب فارس و خروجی دشت با ارتفاع ۱۹۵۰ متر حداقل کد ارتفاعی در حوضه را به خود اختصاص داده است. شیب عمومی دشت از شمال به سمت جنوب می‌باشد. از نظر زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه دارای سه واحد رسوبگذاری شامل: واحدهای کرتاسه (K) که غالباً متشکل از آهک، ماسه‌سنگ و شیل بوده و بدلیل تکتونیزه بودن از پتانسیل آبدهی و کارستی شدن بالایی برخوردارند واحدهای ترشیری که شامل سازند آواری E، سازند آهکی آسماری و کنگلومرای بختیاری (P1) می‌باشند و واحدهای کوارترنر (Q) که به دو زیر واحد نهشته‌های آبرفتی و نهشته‌های واریزه‌ای قابل تفکیک است.

از نظر هیدروژئولوژی مساحت آبخوان دشت فارس- جوقان در حدود ۱۱۰ کیلومتر مربع می باشد. آبخوان دشت از اطراف توسط تشکیلات آهکی و کنگلومرائی احاطه شده است. سنگ کف در نواحی اطراف دشت شامل طبقات کنگلومرای بختیاری و در نواحی دیگر طبقات رسی دوران چهارم می‌باشد. بر اساس

<sup>1</sup> - Seepage meters

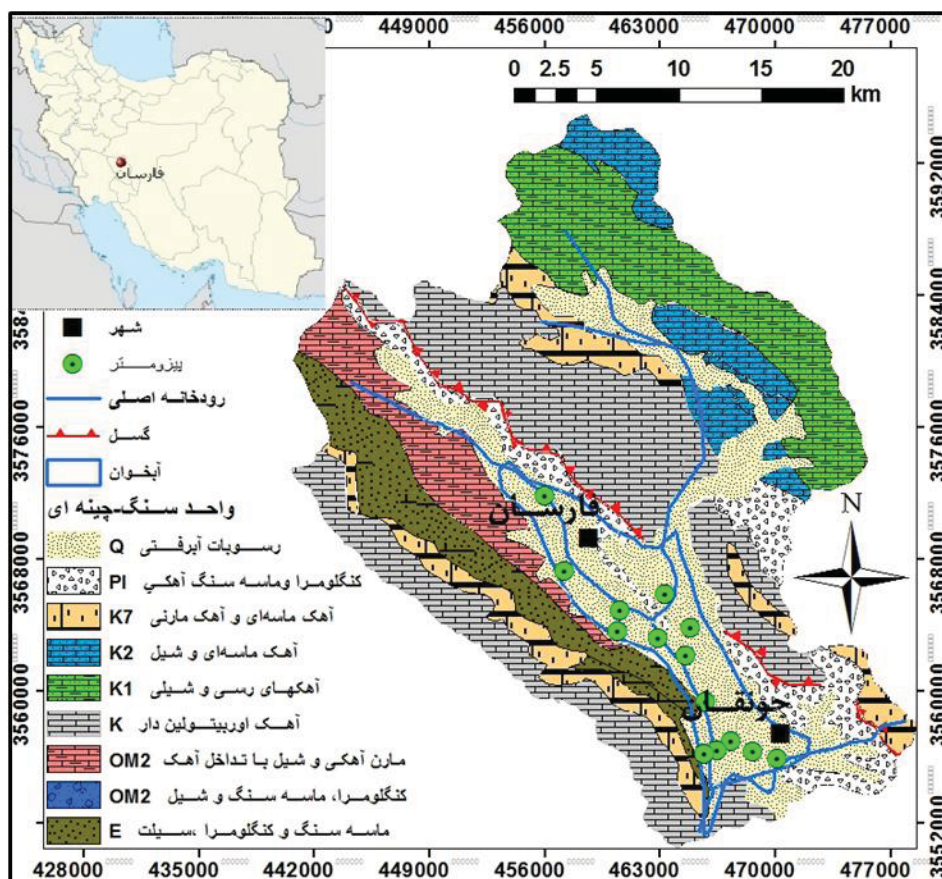
<sup>2</sup> - Applied Tracers

<sup>3</sup> - Numerical Modeling

<sup>4</sup> - Water Table Fluctuation Method (WTF)

<sup>5</sup> - Cumulative Rainfall Departure (CRD)

اطلاعات زمین‌شناسی و ژئوالکترونیک موجود و مطابق نقشه هم ضخامت آبرفت، میزان ضخامت آبرفت در این دشت تا حدود ۷۰ متر در تغییر می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی حوضه آبریز فارسان - جونقان

### مواد و روش‌ها:

کاربرد روش میزان نوسانات سطح آب زیرزمینی (WTF) در تخمین میزان تغذیه آبخوان اولین بار در دهه ۱۹۲۰ میلادی (Meinzer, 1923) ارائه گردید (Jie et al., 2011). این روش میزان تغذیه خالص آبخوان را محاسبه می‌نماید و فرض بر این است که خیز در تراز سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌های غیر محبوس ناشی از تغذیه رسیده به تراز سطح ایستابی است و حجم بالآمدگی آب زیرزمینی بدست آمده به این روش ناشی از تغذیه از طریق خاک است (Schwartz and Zhang, 2003). میزان تغذیه در این روش از همپوشانی نقشه تغییرات سطح آب زیرزمینی و نقشه توزیع آبدهی ویژه آبخوان طبق رابطه ۱ بدست می‌آید (Scanlon et al., 2002):

$$R = S_y \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad (1)$$

که در آن R نرخ تغذیه،  $S_p$  آبدهی ویژه<sup>۱</sup>،  $\Delta h$  اختلاف حداکثر و حداقل سطح آب زیرزمینی در یک سال آبی و  $\Delta t$  زمان سپری شده می‌باشد. از جمله مزایای این روش نسبت به روش‌های دیگر می‌توان به استفاده مستقیم از داده‌های مربوط به آبخوان، کم هزینه بودن و ساده بودن اشاره نمود. در مقابل این روش محدودیت‌های خاص خود را نیز دارد که در نظر نگرفتن تاثیر میزان پمپاژ و تبخیر در نوسانات سطح ایستابی و استفاده محض آن در آبخوان‌های کم عمق و غیر محبوس اشاره نمود (Healy & Cook, 2002).

جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی میزان تغذیه آبخوان فارسان- جونقان از روش نوسانات سطح ایستابی (WTF) از اطلاعات سطح آب زیرزمینی در ماه‌های خشک (حداقل) و تر (حداکثر) در سال آبی ۹۰-۱۳۸۹ (جدول ۱) و نتایج آزمایش پمپاژ در آبخوان (شرکت آب منطقه‌ای اصفهان، ۱۳۶۶) (جدول ۲) استفاده گردیده است.

جدول ۱: موقعیت پیزومترها و تراز سطح ایستابی آنها در دو ماه خشک و تر سال آبی ۹۰-۱۳۸۹

نام پیزومتر	UTM		ارتفاع پیزومتر در سطح زمین	تراز سطح آب در آبان	تراز سطح آب در اردیبهشت
	Y	X			
عیسی آباد	3571869	456031	2062.5	2049.3	2055.88
کانال جونقان	3556426	466472	1991.36	1989.56	1990.14
کوران	3564875	460603	2008.62	2007.42	2007.8
گاو داری نوروزی	3563250	462907	2001.81	1998.46	1999.93
راستاب	3563826	464894	1994.22	1991.27	1992.4
گوچان	3567256	457230	2037.54	2013.94	2024.12
آخر کوران	3565906	463331	2007.96	2004.96	2006.49
اسد آباد	3556229	465714	1990.01	1989.11	1989.34
اسکلت فلزی	3556332	468637	1998.77	1991.57	1994.93
جاده کیار	3555888	470146	2013.48	2009.8	2009.54
چقا هست	3562174	464568	1995.09	1993.49	1994.19
خدمات جونقان	3556937	467353	2002.7	1996	1997.17
دامداری غفاری	3559325	465801	1996.26	1995.23	1995.34
ده چشمه	3563604	460452	2008.04	2003.89	2004.64

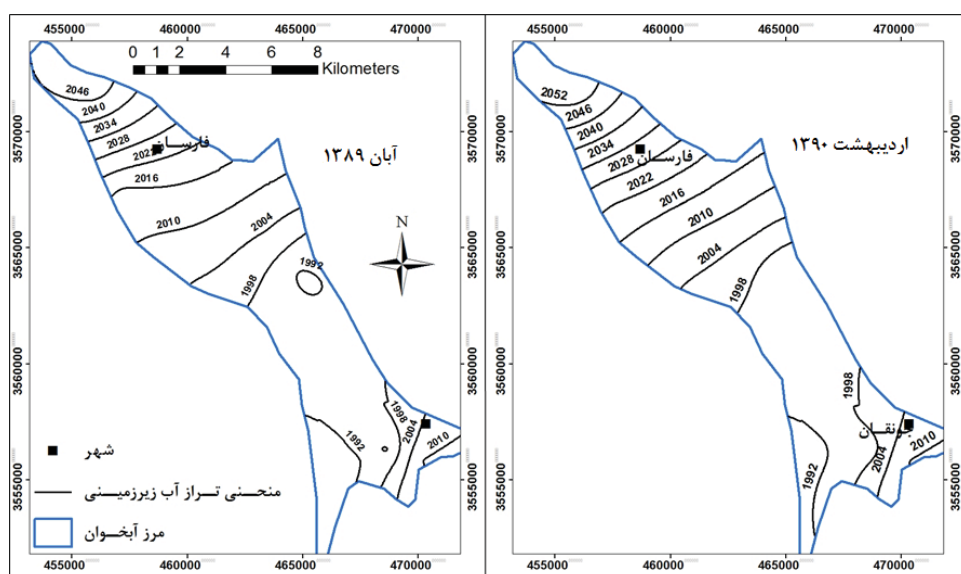
جدول ۲: ضرایب هیدرودینامیکی حاصل از آزمایش پمپاژ در آبخوان دشت فارسان-جونقان

آبدهی ویژه (%)	UTM		نام چاه اکتشافی
	y	x	
2.5	3565911	463331	کران
5	3563254	462907	کران سفلی
2.5	3562175	464556	چقا هست
0.3	3556426	466475	جونقان شماره ۲
0.3	3556330	468640	جونقان شماره ۱

<sup>۱</sup> - آبدهی ویژه (Specific yield) عبارت است از حجم آب زهکشی شده از قسمت اشباع آبخوان تحت نیروی ثقل به حجم کل قسمت اشباع (Fetter, 2001) و به عواملی همچون تخلخل محیط، عمق سطح ایستابی و مدت زمان زهکشی بستگی دارد (Shah & Ross, 2009).

## بحث و بررسی:

جهت بررسی میزان تغذیه در آبخوان مورد مطالعه ابتدا با استفاده از داده‌های سطح آب زیرزمینی نقشه هم تراز سطح آب زیرزمینی در آبان ماه و اردیبهشت ماه سال آبی ۹۰-۱۳۸۹ با درونیابی Kriging (طباطبایی و غزالی، ۱۳۹۰) ترسیم گردید (شکل ۲). بر اساس این دو نقشه بیشترین تراز آب زیرزمینی در مناطق مجاور شهر فارس و کمترین میزان تراز در محل خروجی دشت (جونقان) و به طور کلی جهت جریان در بخش‌های شمالی و مرکزی آبخوان از شمال به جنوب آبخوان می‌باشد اما در مناطق جنوبی آبخوان از محل شهر جونقان به سمت خروجی آبخوان جهت جریان دارای امتداد شرقی - غربی می‌باشد.



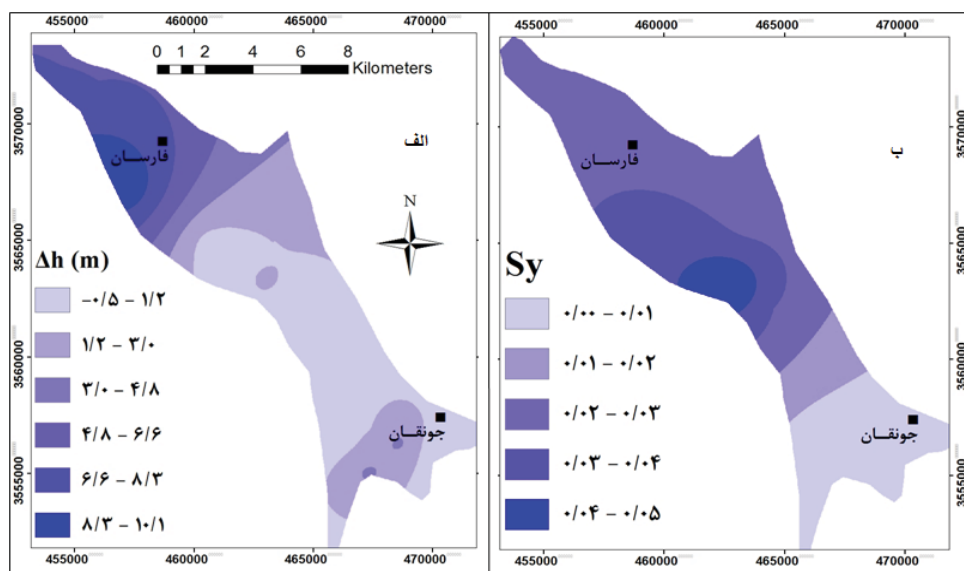
شکل ۲- تراز آب زیرزمینی در دو ماه خشک و تر سال آبی ۹۰-۱۳۸۹

در ادامه از تفاضل این دو نقشه پهنه‌بندی میزان تغییرات سطح آب زیرزمینی بدست آورده شد (شکل ۳- الف) همانطور که مشاهده می‌گردد میزان نوسانات سطح آب زیرزمینی بین آبان‌ماه و اردیبهشت ماه این سال آبی بین حداکثر ۰/۵- تا حداقل ۱۰ متر متغیر می‌باشد. بطوری که میزان تغییرات حداکثر آب زیرزمینی عمدتاً در حوالی آبادی عیسی‌آباد و گوجان قابل مشاهده می‌باشند.

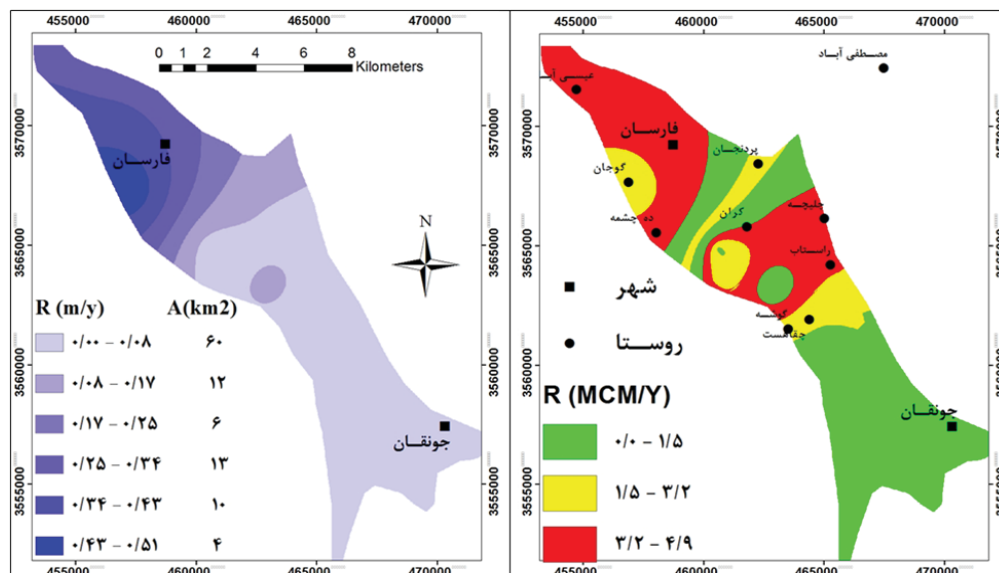
در نهایت با تلفیق نقشه‌های پهنه‌بندی تغییرات سطح آب زیرزمینی و نقشه پهنه بندی آبدهی ویژه آبخوان (شکل ۳- ب)، ضخامت لایه تغذیه شوند در نقاط مختلف آبخوان با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید (شکل ۴). با توجه به این نقشه بیشترین ضخامت لایه تغذیه‌شونده آبخوان مربوط به قسمتهای شمال غربی آبخوان با با مقداری بین ۰/۴۳ تا ۰/۵ متر و کمترین ضخامت در بخش‌های مرکزی و جنوب شرقی با میزان ۰ تا ۰/۰۸ متر می‌باشد. با توجه به مساحت در برگزیده هر دامنه ضخامت لایه تغذیه شونده (A) پهنه بندی مقدار تغذیه بر حسب میلیون متر مکعب در سال طبق رابطه ۲ بدست می‌آید (شکل ۴- ب).

$$\Delta V = \Delta h \times A$$

بررسی تغییرات تغذیه آبخوان نشان می‌دهد که میزان تغذیه بین ۰ تا ۵ میلیون متر مکعب متغیر می‌باشد و در حوالی فارسان و روستاهای گوجان، ده‌چشمه و چلیچه به دلیل وجود سنگ‌های کربناته کارستی در حوضه فارسان- جونقان میزان تغذیه آبخوان بیشترین و در حوالی جونقان به دلیل آبدهی ویژه کم و وجود سنگهای نفوذ ناپذیر کنگلومرای بختیاری در اطراف آبخوان کمترین می‌باشد.



شکل ۳- الف) تغییرات تراز سطح ایستابی در سال آبی ۹۰-۱۳۸۹ ب) پهنه‌بندی آبدهی ویژه آبخوان



شکل ۴- الف) تغییرات ضخامت لایه تغذیه شونده آبخوان ب) پهنه‌بندی میزات تغذیه آبخوان با لحاظ کردن مساحت

هر محدوده



## نتیجه گیری :

مدل WTF بدلیل آسانی و کاربرد پارامترهای کمتر نسبت به سایر روشها، یک روش مناسب جهت ارزیابی اولیه میزان تغذیه طبیعی آبخوان می‌باشد. در این روش با استفاده از نوسانات تغییرات سطح ایستابی آبخوان در یک سال آبی با لحاظ کردن مقدار آبدهی ویژه آبخوان، مقدار تغذیه آبخوان تخمین زده می‌شود. این تحقیق جهت برآورد میزان ضخامت لایه تغذیه شونده آبخوان فارسان- جونقان با استفاده از نوسانات سطح ایستابی بین دو ماه آبان (ماه خشک) و اردیبهشت (ماه تر) سال آبی ۹۰-۱۳۸۹ انجام گردید. نتایج حاصل از مقایسه نقشه‌های تراز سطح ایستابی در آبان و اردیبهشت نشان می‌دهد که میزان تغییرات سطح ایستابی در قسمت‌های شمالی نسبت به قسمت‌های جنوبی آبخوان بیشتر است. بطوری که حداکثر تغییرات تراز سطح ایستابی در پیزومترهای واقع در شمال آبخوان حدود ۱۰ متر در حالی که همین مقدار در قسمت‌های جنوبی آبخوان حداکثر ۳ متر می‌باشد. با احتساب آبدهی ویژه آبخوان میزان ضخامت لایه تغذیه شونده آبخوان در این دوره زمانی برآورد گردید که نتایج بیانگر تغییرات بین ۰ تا ۰/۵ متر در نقاط مختلف آبخوان می‌باشد. با در نظر گرفتن مساحت هر محدوده، مجموعاً در طی این مدت حدود ۲۰ میلیون متر مکعب تغذیه از سطح صورت گرفته است. تحلیل حساسیت نشان داد که این روش به میزان تغییرات سطح ایستابی نسبت به ضریب آبدهی ویژه آبخوان حساس‌تر می‌باشد.

## منابع:

- ۱- طباطبایی، ح. و غزالی، م. (۱۳۹۰). ارزیابی دقت روشهای میان‌یابی در تخمین سطح ایستابی آب زیرزمینی (مطالعه موردی: آبخوان‌های فارسان- جونقان و سفیددشت). *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک*. ۱۵(۵۷): ۲۲-۱۱
- ۲- حیدری، ح.، زارع، م. و حاجی کتابی، م. (۱۳۹۰). منطقه بندی پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی در حوضه کارستی تاقدیس گر و برم- فیروز با استفاده از GIS. *پانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم، تهران، ایران*.
- ۳- سامانی، ن. و حبوطن، م. (۱۳۷۶). محاسبه تغذیه آب زیرزمینی به کمک هیدروگراف رودخانه و با استفاده از یک مدل تحلیلی، در چند حوضه آبریز دریاچه ارومیه. *اولین همایش انجمن زمین شناسی ایران، تهران*.
- ۴- سلطانی گردفرامرزی، س. و عابدی کوپایی، ج. (۱۳۸۹). تخمین تغذیه آبخوان زیرحوضه کرون در منطقه اصفهان با استفاده از مدل CRD. *مجله آب و فاضلاب*، ۴: ۹۷-۹۲
- ۵- شرکت آب منطقه‌ای اصفهان (۱۳۶۶). گزارش آزمایش پمپاژ چاه‌های اکتشافی منطقه چهارمحال و بختیاری.
- ۶- شرکت آب منطقه‌ای چهارمحال و بختیاری. (۱۳۹۰). آمار کمی و کیفی آبخوان فارسان- جونقان. شهرکرد: حجت اصلانی
- ۷- شرکت آب منطقه‌ای اصفهان (اداره کل امور آب استان چهارمحال و بختیاری) (۱۳۷۷). هیدروژئولوژی حوضه آبریز فارسان- جونقان.

- 8- Shaban, A. Khawlie, M. Abdallah, C. (2006). Use of remote sensing and GIS to determine recharge potential zone: the case of Occidental, Lebanon. *Hydrogeology Journal*, 14:433-443.
- 9- Scanlon B, Healy R, Cook P (2002) Choosing appropriate techniques for quantifying ground water recharge. *Hydrogeology Journal*, 10:18-39
- 10- Zhang; J., Jan, V.H., Roland, B. (2011). Combination of soil-water balance models and water-table fluctuation methods for evaluation and improvement of groundwater recharge calculations. *Hydrogeology Journal*, 19:1487-1502.
- 11- Meinzer O.E. (1923) The occurrence of groundwater in the United States with a discussion of principles. *US Geol Surv Water. Suppl Pap*, 489, 321 pp
- 12- Fetter CW (2001) *Applied hydrogeology*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ
- 13- Vries J. and Simmers, I. (2002) Groundwater recharge: an overview of processes and challenges. *Hydrogeology Journal*, 10:5-17
- 14- Healy, R.W. and Cook, P.G. (2002) Using groundwater levels to estimate recharge. *Hydrogeology Journal*, 10:91-109