هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۲۱، سال ششم، زمستان ۱۳۹۸، صص ۴۲-۲۳
Hydrogeomorphology, Vol.6, No.21, Winter 2020, pp (23-42)

بررسی تأثیرات مثبت انسان در تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی دشت صفی‌آباد شهرستان اسفراین

غلامرضا مقامی مقیم*[۱]، علی‌اکبر تقی‌پور[۲]، هوشنگ خیری[۳]

۱ـ استادیار ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران
۲ـ استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان ،دامغان، ایران
۳ـ استادیار هیدروژئولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران
وصول مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۲۶ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۰۹/۱۹

چکیده

مقاله‌ی دشت صفی‌آباد یکی از دشت‌های شمالی کویر مرکزی ایران است که به دلیل قرار گرفتن در منطقه‌ی خشک استفاده از آب‌های زیرزمینی در آن رایج است. از زمان انجام مطالعات ژئوفیزیکی در سال ۱۳۶۸سطح آب‌های زیرزمینی این دشت در حال کاهش است که این امر مشکلاتی چون شورشدن آب چاه‌ها، افزایش هزینه‌های پمپاژ و خشک شدن قنات‌ها را به دنبال داشته است. کشاورزان این دشت با اقداماتی نظیر ایجاد کانال‌های بتنی و لوله‌کشی مسیر انتقال آب، استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری، تغییر نوع کشت، اقدامات فرهنگی و نصب کنتورهای هوشمند سعی نمودند سطح برداشت از آب‌های زیرزمینی در این دشت را کنترل نمایند. این تحقیق به شیوه‌ی میدانی و کتابخانه‌ای و با هدف مشخص شدن تأثیر اقدامات انسانی در کنترل آب‌های زیرزمینی به‌منظور مدیریت منابع آب در این دشت انجام شد. نتایج به دست آمده نشان داد در بین اقدامات انسانی فقط نصب کنتورهای هوشمند از برداشت بی‌رویه‌ی آب جلوگیری نموده و شیب کاهش سطح آب‌های زیرزمینی تا حدودی آن را تعدیل کرده است. بقیه‌ی اقدامات انسانی هرچند سبب صرفه‌جویی در مصرف آب شده اما به‌دلیل افزایش سطح زیر کشت و ادامه‌ی برداشت‌های بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی تأثیرات مثبت قابل‌توجهی در این زمینه نداشته است. همچنین در بین اقدامات انسانی اقدامات فرهنگی قابل‌توجهی انجام‌نشده و به‌نظر می‌رسد علت اصلی به نتیجه نرسیدن سایر اقدامات توجه کمتر به مسائل فرهنگی باشد.

کلمات کلیدی: دشت صفی‌آباد، سفره‌های آب زیرزمینی، کنتورهای هوشمند، افت سطح ایستابی، اضافه برداشت.

* (نویسنده مسئول) **E-mail:**gh.maghami@du.ac.irb

۱- مقدمه

امروزه استفاده از آب‌های زیرزمینی و کاهش آب‌های سطحی به دلیل افزایش جمعیت در حال افزایش است. بهره‌برداری از این منابع سابقه‌ی طولانی دارد. قدیمی‌ترین چاه آب ۶۰۰۰ سال پیش در دره‌ی رودخانه سند پاکستان حفر شد. در ایران نیز استخراج آب‌های زیرزمینی سابقه‌ای ۳۰۰۰ ساله دارد (مقامی مقیم،۱۳۹۴: ۳۹-۲۷). تا قرن ۱۲ میلادی استفاده از آب‌های زیرزمینی محدود به نواحی خاصی از جهان بود امّا در اوایل این قرن فن حفاری چاه‌های عمیق توسعه یافت و سبب برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی شد و مشکلاتی چون شور شدن آب چاه‌ها وخشک شدن قنات‌ها را به دنبال داشت. به دلیل اهمیت آب‌های زیرزمینی مطالعات مهمی در مورد آن‌ها انجام‌شده که قدیمی‌ترین آن مربوط به فیلسوفان یونانی است. در آثار دانشمندان ایرانی از جمله ابوریحان نیز اطلاعاتی در مورد آب‌های زیر زمینی مشاهده می‌شود (مقامی مقیم، ۱۳۹۲: ۹۲-۸۷). همچنین حمدالله مستوفی در زمینه‌ی چشمه‌های معدنی مطالعاتی داشته و نقش حوضه‌های آبریز را در میزان آب آن‌ها مؤثر دانسته است (مقامی مقیم، ۱۳۹۵: ۱۴۷-۸۲). پیرپرو[1] و ادمه ماریوت[2] اولین کسانی بودند که در فرانسه درباره‌ی آب‌های زیرزمینی به شیوه‌ی علمی مطلب نوشتند (صداقت،۱۳۹۲:۱۱). نایاک[3] (۲۰۰۶) با بررسی مدل‌های فیزیکی در رودخانه‌ی گوداواری[4] در ایالت ماهارشترای[5] هندوستان به این نتیجه رسید که این مدل‌ها برای تجزیه‌وتحلیل آب‌های زیرزمینی مناسب نیست. زانگ[6] (۲۰۰۹) آب‌های زیرزمینی را در حوضه‌ی پرل[7] در کشور چین مطالعه کرد و به این نتیجه رسید که در قسمت بالادست آن سطح آب‌های زیرزمینی رو به کاهش و در قسمت پایین‌دست در حال

1- pierreperrault
2- EdmeMariotte
3- Nayak
4- Godavari
5- Maharashtra
6- Zhang
7- Pear

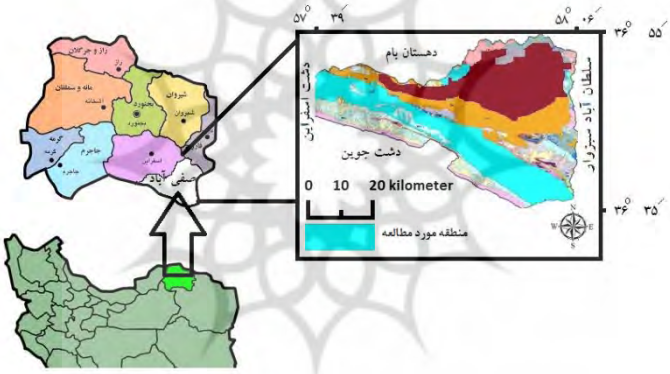
افزایش است. پوتاپ[1] (۲۰۱۱) خشک‌سالی را مهم‌ترین عامل‌کاهش آب‌های زیرزمینی در جمهوری چک معرفی نمود. جانگ[2] (۲۰۱۲) سیستم‌های مدیریتی را مهم‌ترین راه کاهش برداشت از آب‌های زیر زمینی در دشت پینگ تونگ[3] تایوان معرفی نمود. سین‌ها[4] (۲۰۱۴) تأثیر پوشش زمین را در میزان نفوذ آب در رودخانه‌ی ولپاتانام[5] هندوستان موثر دانست. زهو[6] (۲۰۱۵) افت سفره‌های زیرزمینی آب را روی فرونشست دشت پکن مؤثر دانست. در ایران خسروی (۱۳۹۳) در مطالعه دشت گرمسار به این نتیجه رسید که شمال غربی این دشت بیشترین و جنوب شرقی آن کمترین میزان افت آب را داشته است. جاودانیا (۱۳۹۵) علت فرونشست در شهر دامنه اصفهان را برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی معرفی نمود. عباسی (۱۳۹۶) گزارش داد اقدامات انسانی در بهره‌وری از منابع آب نتایج مثبتی داشته به‌گونه‌ای که از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۴ بهره‌وری آب در بخش کشاورزی در ایران از ۰/۸۷ به ۱/۳۲ کیلوگرم بر مترمربع رسیده است. هرچند در مطالعات انجام‌شده در مورد کاهش آب‌های زیرزمینی انسان مقصر اصلی محسوب می‌شود اما برخی از اقدامات انسان نظیر استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری، تغییر نوع کشت، اعمال جریمه‌های نقدی، اقدامات فرهنگی و نصب کنتورهای هوشمند تا حدودی کاهش سطح آب‌های زیرزمینی را تعدیل نموده است. علی‌رغم اینکه استفاده از آب‌های زیرزمینی در دشت صفی‌آباد سابقه چند صدساله دارد اما تا به حال مطالعه‌ی مهمی در مورد آن انجام نشده است. در این تحقیق که به شیوه‌ی میدانی و کتابخانه‌ای انجام شده است سعی بر این بوده تا با مطالعه تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی این دشت تأثیرات مثبت انسانی در این زمینه شناسایی و از نتایج آن در راه کنترل و مدیریت آب‌های زیرزمینی استفاده گردد.

1- potop
2- Jang
3- Pingtung
4- Sinha
5- alapattnam
6- Zhu

۲- مواد و روش

- موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی موردمطالعه در شمال شرقی ایران، استان خراسان شمالی و شرق شهرستان اسفراین واقع‌شده و از شمال به دشت شمالی صفی‌آباد از جنوب به دشت جوین از شرق به سبزوار و از غرب به دشت اسفراین محدود می‌گردد. از نظر مختصات جغرافیایی بین ۵۷°۳۹′ تا ۵۸° ۰۶′ شرقی و ۳۵′ ۳۶° تا ۵۵′ ۳۶° شمالی قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل (۱) موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه در ایران و استان خراسان شمالی
Fig (1) Location of case study in Iran and North Khorasan Province

این منطقه حدود ۳۷۶ کیلومترمربع وسعت دارد. فاصله‌ی آن با شهر اسفراین ۶۵ و با بجنورد مرکز استان خراسان شمالی ۱۱۰ کیلومتر است راه دسترسی به آن جاده‌ی آسفالته اسفراین صفی‌آباد می‌باشد. ازنظر زمین‌شناسی بیشتر سازندهای آن را سازندهای آبرفتی و از نوع رس، ماسه و شن مربوط به دوره‌ی پلیوسن و هلوسن تشکیل می‌دهد بر اساس طبقه‌بندی دمارتن آب‌وهوای این دشت در ردیف آب‌وهوای نیمه‌خشک قرار می‌گیرد.

- روش تحقیق

جهت انجام این پژوهش ابـتدا محدوده‌ی مورد مطالعه با استفاده از مطالعات میدانی، نقشه‌های توپوگرافی و نقشه‌های زمین‌شناسی مشخص شد. سپس آمار مربوط به ارتفاع سطح آب‌های زیرزمینی برای مدت ۲۷ سال (۱۳۶۸-۱۳۹۵) از اداره‌ی کل آب منطقه‌ای خراسان شمالی دریافت گردید (جدول ۱). آمار مربوط به فعالیت‌های کشاورزی از اداره‌ی جهاد کشاورزی شهرستان اسفراین و آمار آب‌وهوایی از ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک صفی‌آباد تهیه شد. طبقه‌بندی آب‌وهوای آن با روش دمارتن انجام شد اطلاعات مربوط به مکانیزم کنتورهای هوشمند (شکل ۲) با انجام مصاحبه با کارشناسان آب منطقه‌ای به دست آمد.

شکل (۲) نمونه‌ای از کنتورهای هوشمند آب و برق نصب شده در صفی‌آباد (بازدیدهای میدانی پژوهشگران)

Fig (2) examples of Smart Electric Meter (Researchers)

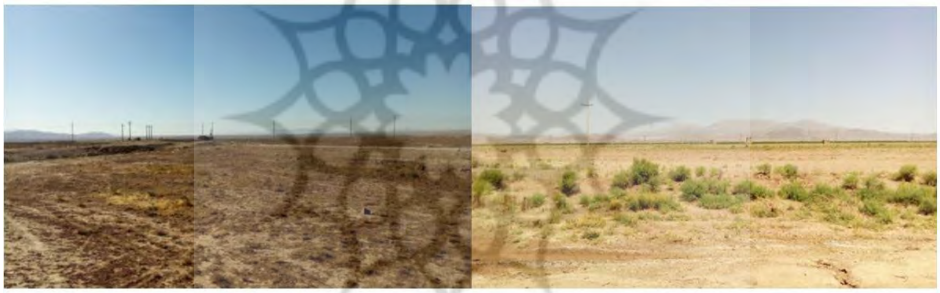
آن قسمت از این پژوهش که با مسائل فرهنگی و جریمه‌های نقدی ارتباط داشت از طریق مصاحبه با کشاورزان انجام پذیرفت پس از جمع‌آوری داده‌ها (جدول ۱) امور مربوط به تجزیه و تحلیل آماری، ترسیم هیدروگراف و ترسیم نمودارهای با استفاده از نرم‌افزارهای

Minitab، Excel و Spss انجام شد. نقشه‌های مربوط به این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار Adobe Illustrator ترسیم گردید.

۳- بحث و نتایج

- بررسی روند تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی دشت صفی‌آباد

دشت صفی‌آباد بخشی از شمال کویر مرکزی ایران است که به دلیل اقلیم خشک و نداشتن رودخانه دائمی در ردیف دشت‌های خشک قرار می‌گیرد (شکل ۳) به همین دلیل استفاده از آب‌های زیرزمینی در آن رایج است.



شکل (۳) دشت خشک صفی‌آباد (پژوهشگران،۱۳۹۶)
Fig(3) Safi Abad arid plain (Researchers, 2017)

با صنعتی شدن کشاورزی، استفاده از چاه‌های موتوری برای استخراج آب در این دشت رایج گردید (شکل ۴).

شکل (۴) یکی از چاه‌های عمیق دشت صفی‌آباد
Fig (4) example of deep well in Safi Abad plain (Researchers, 2017)

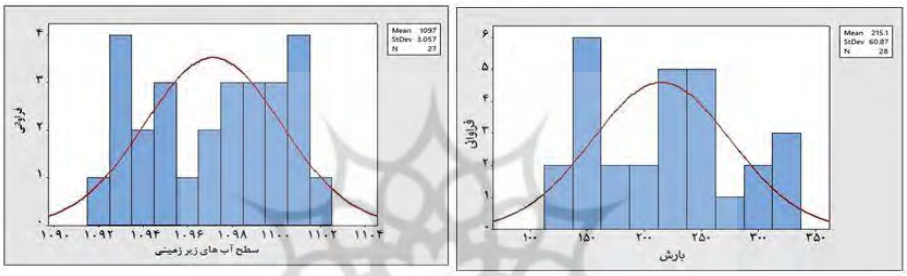
بررسی هیدرو گراف این دشت (شکل ۸) نشان می‌دهد که سطح آب‌های زیرزمینی آن در یک دوره‌ی آماری ۲۷ ساله (۱۳۹۵-۱۳۶۸) ۹/۶ متر افت داشته است. همچنین بررسی هیستوگرام (شکل ۵) آب‌های زیرزمینی این دشت نشان می‌دهد که توزیع سطح آب زیرزمینی آن دارای چولگی مثبت است و به معنی این است که تعداد سال‌های همراه با افت آب‌های زیرزمینی این دشت بیشتر از تعداد سال‌هایی است که سطح آب‌های زیرزمینی افزایش یافته است. بنابراین با توجه به جدول (۱) و شکل‌های ۵ ،۶ و ۷ روند تغییرات سطح آب‌های دشت صفی آباد رو به کاهش است.

جدول (۱) سطح آب‌های زیرزمینی دشت صفی‌آباد -آب منطقه‌ای خراسان شمالی، (۱۳۶۸-۱۳۹۵)
Tab (1) Groundwater level in Safi Abad plain (m) (Regional Water Company of North Khorasan, 1989- 2016)

ردیف	سال آبی	ارتفاع سطح آب‌های زیرزمینی (متر)	ردیف	سال آبی	ارتفاع سطح آب‌های زیرزمینی (متر)
۱	۱۳۶۸- ۶۹	۱۱۰۱ /۶۸	۱۵	۱۳۸۲-۸۳	۱۰۹۷/۱۸
۲	۱۳۶۹ -۷۰	۱۱۰۱/۴۰	۱۶	۱۳۸۳-۸۴	۱۰۹۶/۶۹
۳	۱۳۷۰ -۷۱	۱۱۰۱/۱۰	۱۷	۱۳۸۴-۸۵	۱۰۹۶/۱۷
۴	۱۳۷۱ -۷۲	۱۱۰۰/۸۳	۱۸	۱۳۸۵ -۸۶	۱۰۹۵/۶۱
۵	۱۳۷۲ -۷۳	۱۱۰۰/۷۹	۱۹	۱۳۸۶ -۸۷	۱۰۹۵/۴۳
۶	۱۳۷۳ -۷۴	۱۱۰۰/۴۹	۲۰	۱۳۸۷ -۸۸	۱۰۹۴/۷۴
۷	۱۳۷۴ -۷۵	۱۱۰۰/۰۴	۲۱	۱۳۸۸ -۸۹	۱۰۹۴/۰۸
۸	۱۳۷۵ -۷۶	۱۰۹۹/۶۷	۲۲	۱۳۸۹ -۹۰	۱۰۹۳/۷۲
۹	۱۳۷۶ -۷۷	۱۰۹۹/۲۶	۲۳	۱۳۹۰ -۹۱	۱۰۹۳/۴۴
۱۰	۱۳۷۷ -۷۸	۱۰۹۹/۲۷	۲۴	۱۳۹۱ -۹۲	۱۰۹۳/۲۰
۱۱	۱۳۷۸-۷۹	۱۰۹۸/۹۰	۲۵	۱۳۹۲ -۹۳	۱۰۹۳/۰۱
۱۲	۱۳۷۹ -۸۰	۱۰۹۸/۶۲	۲۶	۱۳۹۳ -۹۴	۱۰۹۲/۶۹
۱۳	۱۳۸۰ -۸۱	۱۰۹۸/۱۵	۲۷	۱۳۹۴ -۹۵	۱۰۹۲/۴۴
۱۴	۱۳۸۱ -۸۲	۱۰۹۷/۶۵			

در مطالعات آماری، معادله خط رگرسیون یکی از معتبرترین روش‌ها برای مشخص نمودن تغییر پارامترها است (بزرگ نیا، ۱۳۸۶:۲۷). شکل (۶) معادله‌ی خط رگرسیون

سطح آب زیرزمینی دشت صفی‌آباد را نشان می دهد که معادله آن به‌صورت y=0/3805x+1102/5 به دست آمد در این معادله مقدار a و b به ترتیب برابر ۰/۳۸۰۵ و ۱۱۰۲/۵ حاصل شد بنابراین بر اساس این معادله با افزایش هرسال، ارتفاع آب‌های زیرزمینی این دشت به‌طور متوسط ۰/۳۸۰۵ متر کاهش می‌یابد.

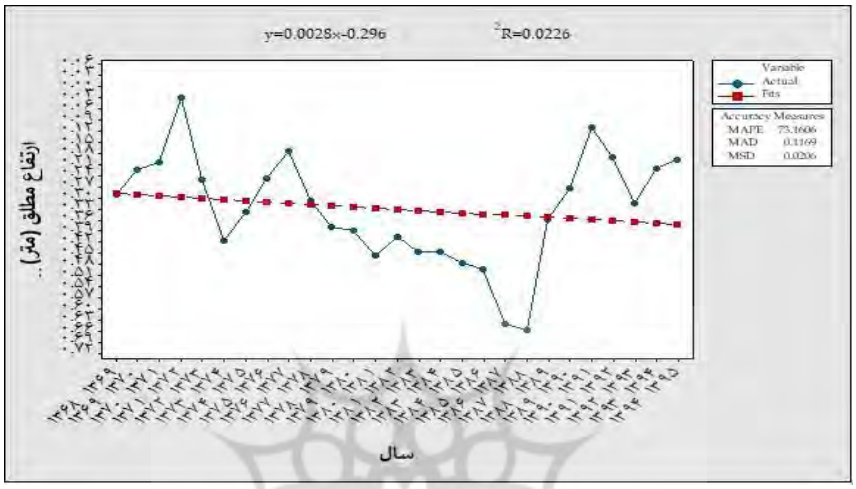


شکل (۵) هیستوگرام بارش (الف) و سطح آب زیرزمینی (ب) دشت صفی‌آباد (۹۵-۶۸)

Fig (5) Rain (a) and Groundwater level Histogram (b) in Safi Abad plain (Researchers)

شکل (۶) معادله خطی برازش داده‌شده ارتفاع سطح آب زیرزمینی و هیدرو گراف دشت صفی‌آباد (۱۳۹۵-۱۳۶۸)

Fig (6) Regression equation of fit for Groundwater level in safi abad plain 1989-2016 (Researchers)

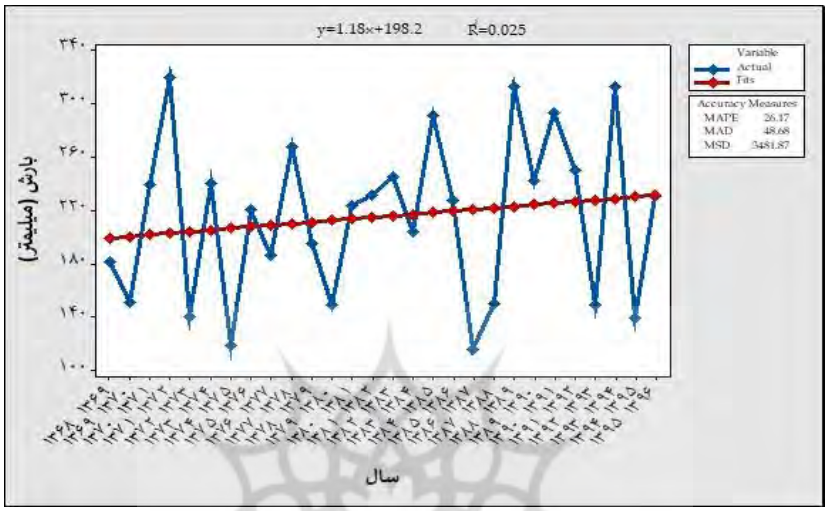


شکل (۷) معادله خطی برازش داده‌شده افت سالیانه سطح آب زیرزمینی دشت (پژوهشگران)
Fig (7) linear equations of fit for Groundwater level annual drop in safi abad plain (Researchers)

- اقدامات مثبت انسانی جهت کنترل سطح آب‌های زیرزمینی دشت صفی‌آباد

در مطالعه‌ی تغییرات آب‌های زیرزمینی اولین فرضی که به ذهن خطور می‌نماید تأثیر بارش در این تغییرات است بر اساس آمار هواشناسی متوسط بارش دشت صفی‌آباد در یک دوره‌ی آماری ۴۰ ساله (۱۳۵۶-۱۳۹۶) ۲۵۹ میلی متربوده و ضریب رگرسیون (شکل ۸) و نمودار هیستوگرام بارش آن (شکل ۵) از توزیع نرمال تبعیت می‌نماید.

پرتال جامع علوم انسانی



شکل (۸) معادله خطی برازش داده‌شده بارش دشت صفی‌آباد بازه زمانی (۱۳۹۵-۱۳۶۸)
Fig (8) linear equations of fit for Rain in safi abad plain 1989-2016 (Researchers)

بنابراین با توجه به عادی بودن بارش و عدم ثبت خشکسالی قابل‌توجه در سال‌های اخیر می‌توان علت اصلی افت سطح آب‌های زیرزمینی این دشت را با برداشت‌های بی‌رویه آب مرتبط دانست. کاهش سطح آب‌های زیرزمینی سبب شد تا اداره کل آب منطقه‌ای و کشاورزان این دشت جهت مقابله با آن، سیاست‌هایی را اعمال نمایند. ایجاد کانال‌های بتنی و انتقال آب به‌وسیله‌ی لوله اولین قدم در این مورد بود که نقش مهمی در انتقال صحیح آب و جلوگیری از هدر رفتن آن در دشت صفی‌آباد داشته است. با انتقال آب به وسیله لوله راندمان انتقال آب به ۹۸ درصد می‌رسد حال‌آنکه در نهرهای خاکی این رقم ۶۰ درصد است (طایفه رضایی و عبدالعظیم زاده، ۱۳۹۴: ۴). تا قبل از دهه‌ی ۸۰ آب موردنیاز کشاورزان دشت صفی‌آباد از طریق نهرهای خاکی به مزارع انتقال می‌یافت (شکل ۹)؛ که این امر سبب از دست رفتن آب در اثر تبخیر، نفوذ به داخل زمین و آبیاری علف‌های هرز می‌شد و کشاورزان جهت جبران آن مجبور به برداشت بیشتر از منابع زیرزمینی آب می‌شدند؛ اما از دهه‌ی ۸۰ به بعد شیوه‌های انتقال آب تغییر نمود و توسط لوله و کانال‌های بتنی (شکل ۹) انجام شد.

شکل (۹) شیوه‌های انتقال آب در دشت صفی‌آباد،نهر خاکی (الف) و انتقال با استفاده از لوله (ب)
Fig (9) the method of water movement in Safi abad plain, traditional water chanel (a), movement by pipe(b)

از سال ۱۳۸۰ که استفاده از شیوه‌های نوین انتقال آب در این دشت مورداستفاده قرار گرفت تقریباً ۴۹ درصد از کشاورزان از این روش‌ها استفاده کردند طبق آمار، استفاده از این روش‌ها باعث صرفه‌جویی ۶ درصدی در استفاده از آب‌های زیرزمینی این دشت شده است (آب منطقه‌ای خراسان شمالی ۱۳۹۵). علاوه بر این در بخش آبیاری نیز استفاده از شیوه‌های نوین می‌تواند در کاهش برداشت از آب‌های زیرزمینی مؤثر باشد امروزه در سراسر دنیا استفاده از این شیوه‌ها رواج دارد.

آمار موجود در جهاد کشاورزی شهرستان اسفراین (جدول ۲) نشان می‌دهد از ۳۵۰۰ هکتار از اراضی قابل‌کشت این دشت ۴۲ درصد توسط سیستم‌های نوین آبیاری می‌گردد استفاده از این روش‌ها در دشت صفی‌آباد سبب می‌شود سالانه ۸/۴ درصد در مصرف آب این دشت صرفه‌جویی شود.

جدول (۲) مساحت استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری در شهرستان اسفراین (۱۳۹۵)
Tab (2) the area irrigated by modern methods in Esfarayen (2016)

سال آبی	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵
آبیاری نوین (هکتار)	۳۸	۲۴	۸۵	۲۹۰	۲۶۸	۵۴۲	۹۰۰	۱۲۰۰	۱۳۵۰	۱۴,۰	۱۵۰۰

تغییر نوع کشت نیز سیاست دیگری است که از سوی جهاد کشاورزی به کشاورزان منطقه پیشنهاد و مورد پذیرش آن‌ها قرار گرفته است. تغییر نوع کشت و استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری نتایج مثبت زیادی در بهره‌وری از منابع آب در ایران داشته و نرخ بهره‌وری از این منابع را در فاصله سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۴ از ۰/۸۷ به ۱/۳۲ کیلوگرم بر مترمربع رسانده است (عباسی و توکلی، ۱۳۹۶: ۱۴۲). جدول (۳) اراضی سطح زیر کشت این دشت را تا سال زراعی ۱۳۸۵ و جدول ۴ تا سال ۱۳۹۶ را نشان می دهد. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود تا سال ۱۳۸۵ غلات با ۶۲ درصد، کشت غالب این دشت محسوب می‌شد پس از غلات چغندرقند با ۸ درصد و باغ‌ها با ۶ درصد در ردیف دوم و سوم قرار داشتند (ولایتی، ۱۳۸۵: ۵) محصولات نامبرده نیاز آبی بالایی دارند این در حالی است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران باغات پسته، انار و گیاهان علوفه‌ای بهترین شرایط را برای کشت دارند (لقمان‌پور زرینی، ۱۳۹۴: ۱۳) به همین دلیل از ابتدای دهه نود به دلیل کم‌آبی نوع محصول در این دشت تغییر نمود به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۶ باغات پسته کشت غالب و جانشین غلات در این دشت شده است. مسئله قابل‌توجه در این سال حذف چغندرقند و جایگزینی زعفران به‌جای آن است با تغییر نوع کشت نزدیک به ۴۰ درصد در منابع آب این دشت صرفه‌جویی شده است (مقامی مقیم و حسینی صدیق، ۱۳۵۹: ۵۹).

جدول (۳) کاربری اراضی دشت صفی‌آباد در سال ۱۳۸۵(ولایتی، ۱۳۹۵: ۵)

Tab (3) land use in Safi abad plain in 2006 (Velayati, 2016:5)

سال زراعی	غلات	چغندرقند	باغات	پنبه	علوفه	سایر محصولات
۱۳۸۵	۰/۶۲	۰/۱۰	۰/۸	۰/۶	۰/۲	۰/۱۲

جدول (۴) کاربری اراضی دشت صفی‌آباد در سال ۱۳۹۶ (مقامی مقیم و حسینی صدیق، ۱۳۹۵: ۵۹).

Tab (4) land use in Safi abad plain in 2006 (Maghami moghim and Hoseyni sedigh, 2016:59)

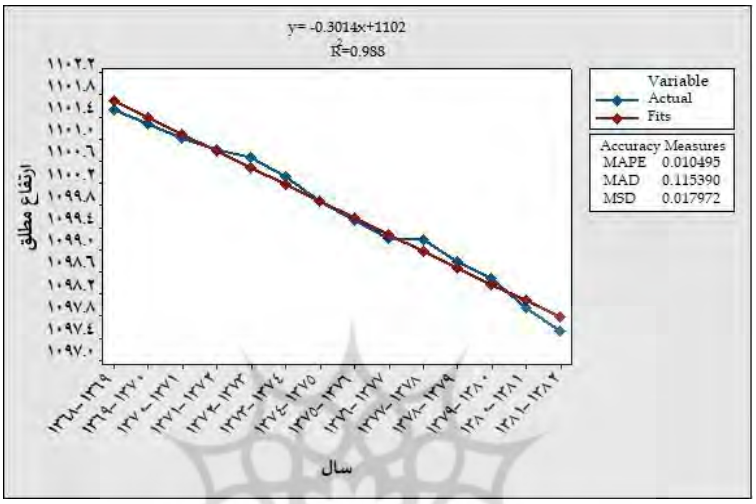
سال زراعی	غلات	باغات (غیر پسته)	باغات پسته	زعفران	علوفه	سایر محصولات
۱۳۹۶	۰/۱۵	۰/۸	۰/۵۵	۰/۵	۰/۴	۰/۱۳

اعمال جریمه‌های نقدی یکی دیگر از سیاست‌های آب منطقه‌ای در این زمینه می‌باشد. از سوی این اداره برای هر چاه آب، میزان و سهمیه‌ای مشخص در نظر گرفته‌شده است که برداشت بیشتر از آن‌یک تخلف محسوب شده و برای آن جریمه در نظر گرفته می‌شود. در پرسشنامه‌ای که جهت سنجش میزان تأثیر این جریمه‌ها بین کشاورزان توزیع شد از تعداد ۱۰۰ نفر پاسخ‌دهنده‌ی ۹۰ درصد آن‌ها این جریمه‌ها را ناکارآمد دانسته و بیان داشتند برای استفاده از آب و جلوگیری از خشک شدن محصولات هر جریمه‌ای را پرداخت می‌نمایند.۶ درصد این جریمه‌ها را کارآمد دانسته و ابزار مناسبی جهت کاهش برداشت قلمداد نمودند و ۴ درصد نیز مبلغ جریمه را ناکافی دانسته خواهان افزایش آن شدند نتایج پرسشنامه و مصاحبه با کارشناسان آب منطقه‌ای خراسان شمالی نشان داد تأثیر جریمه‌های نقدی در کنترل سطح آب‌های زیرزمینی این دشت کمتر از ۵ درصد است. مسائل فرهنگی نیز از مواردی است که اگر به‌درستی اعمال شود می تواند آثار پایداری در بهره‌برداری از منابع آب داشته باشد. عدم اطلاعات کافی مصرف‌کنندگان از پیدایش، مدیریت و مصرف آب سبب شده است که آنان از وضعیت پتانسیل آب‌های زیرزمینی منطقه‌ی خود اطلاعات کافی نداشته باشند و به استفاده‌ی بی‌رویه از این منابع ادامه دهند (ولایتی، ۱۳۸۵: ۱۰). علی‌رغم اهمیت اقدامات فرهنگی تابه‌حال اقدام قابل‌توجهی در این زمینه انجام‌نشده تنها اقدام در این زمینه معرفی دشت صفی‌آباد به‌عنوان یکی از دشت‌های ممنوعه‌ی کشور در کتاب درسی دانش آموزان سال دوم متوسطه این منطقه می‌باشد (مقامی مقیم، ۱۳۹۶: ۲۱). در پرسشنامه توزیع‌شده بین کشاورزان جهت مطالعه تأثیراقدامات فرهنگی درکنترل سفره‌های زیر زمینی آب ۱۰۰ نفر از کشاورزان از نحوه‌ی تأمین آب سفره‌های زیرزمینی بی‌اطلاع بودند. ۹۵درصد فکر می‌کردند آب‌های زیرزمینی دائمی است. ۹۵درصد با اصطلاحات دشت ممنوعه و بحرانی بیگانه بودند فقط ۲ درصد از آنها اطلاعات مختصری در مورد دشت‌های ممنوعه داشتند. استفاده از کنتورهای هوشمند یکی از جدیدترین روش‌های کنترل برداشت از آب‌های زیرزمینی است که نخستین بار در سال ۱۳۸۲ در دشت صفی‌آباد مورداستفاده قرار گرفت (شکل ۲). این کنتورها که مرکز کنترل آن‌ها در اداره‌ی آب منطقه‌ای قرار دارد می‌توانند فرمان کنترل میزان برداشت، قطع

آب، برق و تنظیمات سهمیه‌بندی را از طریق سیستم GSM/GPRS به چاه‌ها صادر نمایند؛ و در صورت مشاهده برداشت بی‌رویه‌ی چاه‌های متخلف را خاموش نمایند. تأثیر نصب این کنتورها بر آب‌های زیرزمینی این دشت در سه مرحله قابل‌بررسی است مرحله‌ی اول قبل از نصب این کنتورها یعنی تا قبل از سال ۱۳۸۲ است (شکل ۱۰). در این مرحله روند افت آب‌های زیرزمینی این دشت به دلیل برداشت‌های بی‌رویه شدت زیادی دارد و در هیدرو گراف آب‌های زیرزمینی این دشت نوسانات زیادی بین خط برازش داده‌ها و خط ارتفاع سطح آب‌های زیرزمینی این دشت مشاهده می‌شود. بعد از نصب این کنتورها نیز آثار مثبت آن‌ها تا سال آبی ۱۳۹۰ چندان مشهود نبود (شکل ۱۱). امّا در این سال برای اولین بار در هیدروگراف این دشت خط سطح آب‌های زیرزمینی بالاتر ویا همسان با خط برازش داده‌ها قرار گرفت (شکل ۱۲) که این امر نشان‌دهنده‌ی تأثیر مثبت این کنتورها در کنترل آب‌های زیرزمینی این دشت می باشد، شکل ۱۳ نیز روند تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی و تاثیرات اقدامات انسانی را در تعدیل شیب تند کاهش سفره‌های زیرزمینی آب را از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۵ به صورت کلی مشخص می نماید.

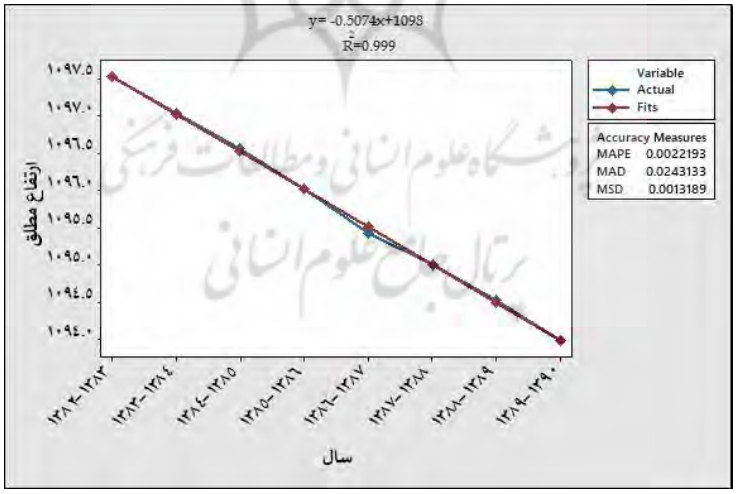
جدول (۵) تاثیر اقدامات مثبت انسانی در تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی دشت صفی‌آباد
Tab (5) the effect of positive human activities on Groundwater level variations in Safi Abad plain

ردیف	اقدامات مثبت انسانی	میزان استفاده (درصد)	میزان صرفه‌جویی (درصد)	تأثیر در سطح آب‌های زیرزمینی (درصد)
۱	استفاده از شیوه‌های نوین انتقال آب	۴۹	۶	۰
۲	استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری	۴۲	۸/۴	۰
۳	تغییر نوع کشت	۶۰	۴۰	۰
۴	جریمه‌های نقدی	۱۰۰	۵	۰
۵	اقدامات فرهنگی	۲	۲	۲
۶	کنتورهای هوشمند	۱۰۰	۴۵	۴۵
	جمع		**۱۰۶/۴**	**۴۷**



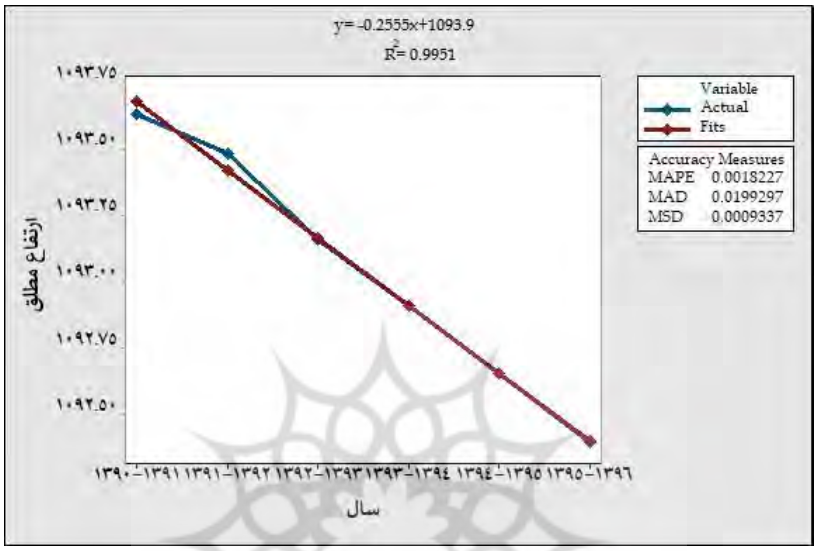
شکل (۱۰) معادله‌ی رگرسیون برازش داده‌شده سطح آب زیرزمینی دشت صفی‌آباد قبل از نصب کنتور (پژوهشگران)

Fig(10) Regression equation of fit for Groundwater level in safi abad plain before use of Smart Electric Meter (Researchers)



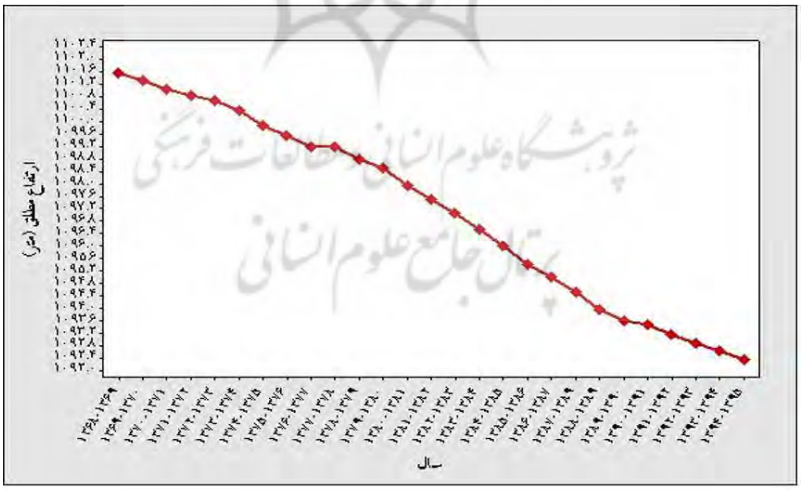
شکل (۱۱) معادله‌ی خط رگرسیون سطح آب زیرزمینی دشت صفی‌آباد بعد از نصب کنتورهای هوشمند (پژوهشگران)

Fig (11) Regression equation of fit for Groundwater level in safi abad plain after use of Smart Electric Meter (Researchers)



شکل (۱۲) معادله‌ی خط رگرسیون برازش داده‌شده سطح آب زیرزمینی دشت صفی‌آباد ۹۱-۱۳۹۰

Fig (12) Regression equation of fit for Groundwater level in Safi Abad plain 2011-2012 (Researchers)



شکل (۱۳) نمودار تغییر سطح آب‌های زیرزمینی دشت صفی‌آباد (۱۳۶۸-۱۳۹۵)

Fig (13) Groundwater changes in Safi Abad plain 1989-2016 (Researchers)

۴- نتیجه‌گیری

دشت صفی‌آباد یکی از دشت‌های خراسان شمالی است که به دلیل شرایط اقلیمی، استفاده از آب‌های زیرزمینی در آن رایج است. مطالعات این تحقیق نشان داد سطح آب‌های زیرزمینی این دشت رو به کاهش است. کشاورزان و نهادهای دولتی تلاش نموده‌اند با اقداماتی نظیر ایجاد کانال‌های بتنی و لوله کشی مسیر انتقال آب، استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری، تغییر کشت، جریمه‌های نقدی، اقدامات فرهنگی و نصب کنتورهای هوشمند سطح برداشت آب در این دشت را کنترل و در مصرف آب صرفه‌جویی نمایند. نتایج به دست آمده نشان داد با انتقال آب توسط لوله و کانال‌های بتنی ۶ درصد، استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری ۸/۴ درصد، تغییر نوع کشت ۴۰ درصد، اعمال جریمه‌های نقدی ۵ درصد، مسائل فرهنگی ۲ درصد و استفاده از کنتورهای هوشمند ۴۵ درصد و جمعاً به میزان ۱۰۵/۴ درصد در میزان آب مصرفی این دشت صرفه‌جویی شده است. این مقدار صرفه‌جویی رقم قابل‌توجهی است و می‌بایستی آثار خود را در کنترل سطح آب‌های زیرزمینی این دشت نشان دهد؛ اما مطالعات و بررسی هیدرو گراف این دشت نشان داد سطح آب‌های زیرزمینی این دشت همچنان رو به کاهش است که این کاهش با توجه به‌صرفه جویی صددرصدی و عادی بودن بارش سالیانه در این دشت منطقی نیست، به نظر می‌رسد اثر تغییرات این صرفه‌جویی‌ها در آب‌های زیرزمینی دیرتر اعمال می‌شود. مطالعات تکمیلی نشان داد مقداری از این کاهش مربوط به ضخامت زیاد لایه‌ی غیراشباع بافت خاک است که سبب می‌شود در سال‌های ترسالی هم آب زیادی به زمین نفوذ نکند و کاهش سطح آب‌های زیرزمینی در سال‌های ترسالی نیز تداوم یابد اما بخش وسیع و گسترده‌ای از آن مربوط به افزایش سطح زیر کشت در این دشت می‌باشد. مطالعات نشان داد سطح زیر کشت این دشت از سال ۶۸ تاکنون تقریباً دوبرابر شده است به عبارتی کشاورزان این دشت با انجام اقداماتی در مصرف آب صرفه‌جویی نموده اما با افزایش سطح زیر کشت به برداشت گذشته خود ادامه داده‌اند. همچنین نتایج حاصل از تحقیق نشان داد هرچند اقدامات فرهنگی اندک بوده اما کشاورزانی که با این اقدامات آشنایی داشته‌اند آن‌ها

را رعایت و به اصول فرهنگی در خصوص میزان برداشت پایبند بوده‌اند. در بین اقدامات انسانی فقط نصب کنتورهای هوشمند اثر قابل‌توجهی در هیدرو گراف این دشت داشته است تأثیرات مثبت این اقدام در هیدروگراف این دشت کاملاً مشخص است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۵- منابع

-Refrences

Abasi, F., Abasi, N., Tavakoli, A. (2017). Water Productivity in Agriculture Challenges and perspective, *Water and Sustainable Development*, 4(1), 141-144.

Azare, A., Rafii Sardoi, A., Nazari samani, A.A., Masodi, R., Khosravi, H. (2014). Study on Spatial and Temporal Variations of Groundwater Level in Garmsar Plain, *Desert Management*, 2(3), 20-36.

Ghobadpour, R., Eskandari, F., Jalali, M. (2018). Farmers' Satisfaction from Installing Intelligent Flowmeter on Underground Water Wells (The Case of Mahidasht County, Kermanshah Province), *Journal of Agricultural Economics and Development*, . 32(1), 43-55.

Hoshyar, M.M. (2000). *Analysis of the pattern of country divisions in Iran (Case Study Esfarayne)*. M.Sc. thesis, University of Tarbyat Modares.

Jang, C.S., Chen, S.K., &Kuo, Y.M., (2012). Establishing an irrigation management plan of sustainable groundwater based on spatial variability of water quality and quantity. *Journal of Hydrology*, 414, 201-210.

Javedanian, H., Ahmadi Darani, M. (2016). Overexploitation of Groundwater Resources and Regional Subsidence: Case Study of Damaneh City, Isfahan., *Journal of Water & Was tewater Science & Engineering (jwwse)*, 1(1), 49-60.

Khorami, M., Bozorgniya, A. (2007). *Time series analysis in Minitab*., Mashhad, Sokhan Gostar.

Loghmanpour Zarini, R., Tabatabai Kalor, S-R., Akram, A. (2015). Assessment potential of energy savings in agriculture (case study: Yazd province), *Iranian Journal of Energy, 18(3)*.

Maghami Moghim, GH R. (2015). *Geography in ancient Iran*., Mashhad, Sokhangostar.

Maghami Moghim, GH R. (2016). *History of Geography in Iran*., Mashhad, Sanabad.

Maghami Moghim, GH R. (2017). *North Khorasan Province*. Available at: http://www.cvn-ir.com/.

Maghami Moghim, GH R., Hoseyni Sedigh, M. (2016). *Conditions of pistachio cultivation in arid regions of Iran*., Mashhad, Sokhangostar.

Mohtasham, M., Dehghani, A-A., Akbarpour, A., Meftah Halghi, M., Etebari, B. (2009). Evaluation of Artificial Neural Networks in Forecasting Groundwater Table (Case Study: Birjand Aquifer, Southern Khorasan)., *8th International Congress on Civil Engineering*., Shiraz Univercity, pp. 1-8.

Nayak, P.,Satyaji Rao, Y.R., and Sudheer, K.P.,(2006). ground water level forecasting in a shallowaquifer using artificial neural network approach, *Water resources Management*,Vol. 2, No.1, 77-99.

Potop V, Možný M., (2011). The application a new drought index– Standardized precipitation evapotranspiration index in the Czech Republic. *Mikroklima a mezoklima krajinných struktur a antropogenních prostředí*, 2, 2-14.

Regional Water Company of North Khorasan., (2011). *North Khorasan plains*.

Sedaghat, M. (2013). *Land and Water Resources–Groundwater*, Tehran, Payamnor University.

Sinha R.K., Eldho T.I. & Ghosh S., (2014). Isolating the Impacts of Landuse Changes on Stream flow in the Payaswani River Basin; A Distributed Modeling Approach, Proc. *Int. Conf. on Modeling Tools for Sustainable Water Resources Management*, MTSWRM 2014, 28-29 Dec.

Tayefe Rezai, H., & Abdolazimzade, R. (2014). *Ways to save water*, Organization of Agriculture-Jahad West Azerbaijan provinc, pp,1-2.

Velayati, S. (2006). Investigation of water crisis in Khorasan province. *The Journal of Spatial Planning*, 10, 213-234.

Yazdani, M., (2013). Investigating the Effect of Using Smart Meters on Improvement of Groundwater Hydrography in Esfarayne Plain. *7th National Congress on Civil engineering*.

Zhang, W., Yan, Y., Zeng, J., Li, L., Dong, X., & Cai, H., (2009). Temporal and spatial variability of annual extreme water level in the Pearl River Delta region, China. J. *Global Planetary Change*. 69, 35-47.

Zhu, L.,Gong, H.,Li,X., Wang, R., Chen, B., Dai, Z., & Teatini, P., (2015). Land subsidence due to gronundwater withdrawal in the northern Beijing plain, China, *Engineering Geology*, 193, 243-255.