

ارزیابی مدیریت منابع آب در حوضه گاماسیاب استان کرمانشاه با استفاده از مدل WEAP

عطا امینی^{۱*}، میترا جوان^۲، افشین اقبالزاده^۳، محمد رحیم قاسمی^۳

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۲۲ صص: ۱۸-۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۵/۸/۲۸

چکیده

به دلیل پیشرفت‌های اقتصادی، اجتماعی و نیز رشد جمعیت، میزان تقاضای آب در حال افزایش است. با توجه به محدودیت آب شیرین، تخصیص آب در بخش‌های مختلف نیازمند به نگاهی جامع و مدیریتی همه جانبه است. این پژوهش در حوضه آبخیز گاماسیاب، که از زیر حوضه‌های اصلی حوضه کرخه است، انجام شد. بخش اعظم این حوضه در استان کرمانشاه و سرشاخه‌های آن در استان همدان قرار دارد. در این پژوهش نرم‌افزار WEAP بعنوان ابزاری توانمند، به منظور ارزیابی مدیریت‌های اعمال شده در حوضه آبخیز گاماسیاب و بررسی تأثیر سدهای بالادست بر عملکرد سد بیستون مورد استفاده قرار گرفت. از داده‌های هیدرولوژیکی دراز مدت جهت شبیه‌سازی منابع و مصارف حوضه استفاده گردید. نیازهای حوضه با استفاده از داده‌های جمعیت، کشاورزی و صنعت استخراج و نیاز زیست محیطی نیز با کاربرد روش مونتانا محاسبه شد. سناریوهای مدیریتی مختلفی متناسب با شرایط فعلی و سیمای توسعه حوضه تعریف گردیدند. نتایج بیانگر پوشش کامل نیازها در محدوده سد بیستون در شرایط موجود و کمبود آب در صورت بهره برداری رسیدن سدهای پیش بینی شده در حوضه می‌باشند. در راستای اهمیت توجه به اصول مدیریت یکپارچه منابع آب، نتایج این پژوهش می‌تواند مورد استفاده محققین و تصمیم‌گیران بخش آب کشور قرار گیرد.

کلمات کلیدی: مدیریت یکپارچه، منابع آب، سد، حوضه گاماسیاب، WEAP

^۱ استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سنندج، ایران

*نویسنده مسئول: a.amini@areeo.ir

^۲ استادیار، گروه مهندسی عمران دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

^۳ کارشناسی ارشد عمران آب، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

مقدمه

کرمانشاه با استفاده از نرم افزار WEAP انجام شده است. هدف این پژوهش علاوه بر ارزیابی مدیریت منابع آب اعمال شده در این حوضه، بررسی تأثیر سدهای بالادست سد بیستون بر عملکرد این سد می باشد.

مواد و روشها**حوضه مورد مطالعه**

حوضه گاماسیاب یکی از زیر حوضه های اصلی حوضه کرخه می باشد. این حوضه ۱۱۴۵۹ کیلومتر مربع وسعت داشته و در محدوده طول جغرافیایی $37^{\circ} 04'$ تا $49^{\circ} 15'$ و عرض جغرافیایی $45^{\circ} 33'$ تا $35^{\circ} 00'$ قرار دارد. بیشتر سطح حوزه آبخیز گاماسیاب در استان کرمانشاه، و بخش هایی از آن در استان همدان قرار دارد. محدوده بخش کرمانشاه این حوضه شامل طول جغرافیایی $47^{\circ} 04'$ تا $48^{\circ} 03'$ و عرض جغرافیایی $33^{\circ} 13'$ تا $34^{\circ} 53'$ است.

آماده سازی داده ها

جهت شبیه سازی حوضه، داده های ۹ ایستگاه آب سنجی زیر نظر سازمان آب منطقه ای در استان، با دوره آماری ۴۱ ساله، جمع آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. جهت بازسازی، و همچنین تکمیل داده ها در بعضی از سالهای آماری در یک ایستگاه، و همچنین بده در محل ساختگاه سد به محاسبات شرکت مشاور استناد گردید. همچنین، در خصوص اطلاعات مربوط به جمعیت حوضه، از پایگاه سازمان آمار و برنامه ریزی و در زمینه کشاورزی به داده های دریافتی از شرکت سهامی آب منطقه ای و سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه استناد شده است.

شبیه سازی WEAP

نرم افزار WEAP به وسیله مؤسسه محیط زیست استکهلم و با حمایت مرکز مهندسی ارتش آمریکا توسعه یافته است. در این پژوهش به منظور شبیه سازی وضعیت منابع آب حوضه، سال آبی ۹۱-۱۳۹۰ به عنوان سال پایه و سال آبی ۱۴۳۱-۱۴۳۰ به عنوان انتهای دوره زمانی شبیه سازی انتخاب گردیدند. گام های زمانی به صورت ماهانه در نظر گرفته شدند. در سال پایه داده های مربوط به بده

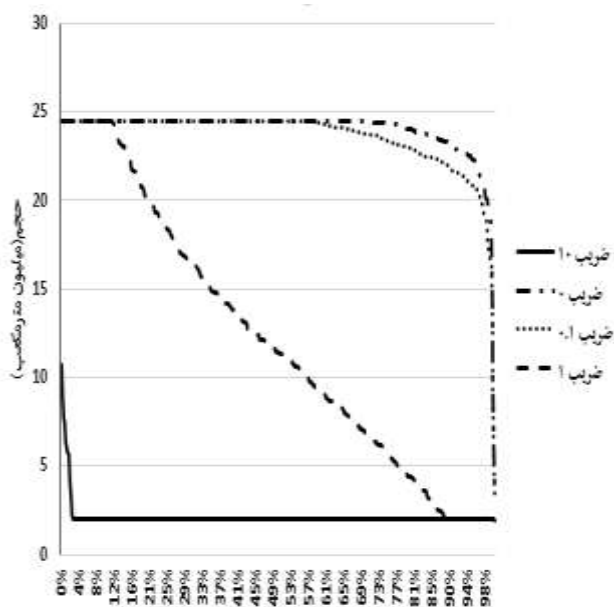
سیاست های جهانی توسعه در بخش آب در قالب مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM) ارائه شده اند. با گسترش روش های محاسباتی، نرم افزارهای مختلفی نیز در زمینه IWRM عرضه شده اند. یکی از این نرم افزارها، که در سال های اخیر با مقبولیت فراوانی همراه بوده و در حوضه های مختلفی به کار گرفته شده است، نرم افزار WEAP می باشد. Levite و همکاران (۲۰۰۳) حوضه رودخانه اولیفانتس واقع در کشور آفریقای جنوبی را با کاربرد نرم افزار WEAP مورد بررسی قرار دادند. در مطالعه آنها، اثرات مدیریت تقاضا، خصوصاً در بخش کشاورزی، مورد بررسی قرار گرفت. Yates و همکاران (۲۰۰۵) حوضه ساکرامنتو واقع در ایالت کالیفرنیا را با استفاده از نرم افزار WEAP شبیه سازی نمودند. تحقیق آنها به منظور نشان دادن و اثبات قابلیت های نرم افزار WEAP21 در بازتولید چرخه هیدرولوژیکی و الگوریتم های تخصیص آب حوضه انجام پذیرفته است. Hamlat و همکاران (۲۰۱۳) در حوزه آبخیز در غرب الجزایر جهت ارزیابی و تحلیل بیلان منابع آب موجود و نیز پیش بینی وضعیت آینده و همچنین تحلیل سناریوهای ممکن از نرم افزار WEAP استفاده کردند. یزدان پناه و همکاران (۱۳۸۷) وضعیت کشاورزی و آبهای زیرزمینی حوضه ازغند استان خراسان رضوی را با استفاده از مدل WEAP بررسی نمودند. آنان نشان داد که با تغییر الگوی کشت و یا کاهش سطح زیر کشت اراضی کشاورزی، می توان به شرایط تعادل آب زیرزمینی دست یافت. بروجنی و همکاران (۱۳۹۱) از نرم افزار WEAP برای برآورد توان انتقال طرح کوهرنگ ۳ استفاده نمودند. هلقی و همکاران (۱۳۸۹) با هدف برآورد کردن حداکثر نیازها با در نظر گرفتن اولویت بندی آنها، برنامه ریزی منابع آب حوضه رامیان استان گلستان را با کاربرد نرم افزار WEAP انجام دادند. این تحقیقات بیانگر توانایی نرم افزار WEAP به عنوان ابزاری کارآمد به منظور تصمیم گرفتن در مدیریت یکپارچه منابع آب می باشند. در این پژوهش شبیه سازی منابع و مصارف آب در حوضه گاماسیاب استان

⁶ Water Evaluation and Planning System

⁴ Integrated Water Resources Management

⁵ Computational Methods

ضرایب مختلف صفر، ۰/۱، ۱ و ۱۰ به نیازهای موجود، توانایی نرم افزار در محاسبه تغییرات حجم آب ذخیره شده در دریاچه سدها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج بررسی اعتبار سنجی نرم افزار در عملکرد سد آناهیتا (کبوترلانه) در شکل (۱) نشان داده شده‌اند. چنان‌که در شکل (۱) مشاهده می‌شود با افزایش ضریب اعمال شده، تغییرات حجم افزایش می‌یابد. افزایش ضریب نیازها و کاهش درصد زمانی حجم سد بیانگر حساسیت نرم افزار به نیازهای حوضه و روند صحیح شبیه سازی می‌باشد. همچنین کارایی نرم افزار در منظور نمودن تغییرات حجم سدها در صورت پر یا خالی بودن آنها در ابتدای دوره شبیه‌سازی مورد صحت سنجی قرار گرفت.



شکل ۱- درصد زمانی حجم سد آناهیتا

نتایج و بحث

در این پژوهش دو نمایش‌نامه مختلف مدیریتی، از جمله شرایط فعلی حوضه و وضعیت آن بعد از اعمال مدیریت‌های مدنظر، جهت بررسی عملکرد سد بیستون و سایر سدهای حوضه در یک دوره زمانی ۴۱ ساله مورد مطالعه قرار گرفت.

رودخانه، سطح زیر کشت محصولات کشاورزی و باغی، نیاز آبی سالانه هر هکتار از اراضی کشاورزی با توجه به الگوی کشت منطقه، جمعیت شهری و روستایی، سرانه مصرف، نیاز بخش صنعت، میزان تبخیر-تعرق، و حداقل نیاز زیست محیطی از منابع موجود، استخراج و به نرم افزار وارد گردید. جهت محاسبه نیاز زیست محیطی از روش مونتانا استفاده شد، که در آن آینده طبیعی رودخانه را در ضریب مونتانا ضرب کرده، و مقدار حاصل را به عنوان حداقل نیاز زیست محیطی در نظر می‌گیرند. برای این پژوهش ضریب شش ماهه اول سال آبی برابر با ۰/۱، و ضریب شش ماه دوم برابر با ۰/۳ در نظر گرفته شدند.

واسنجی و اعتبار سنجی نرم افزار

جهت واسنجی نرم افزار ابتدا سامانه رودخانه در شرایط موجود، شبیه‌سازی و مدیریت‌های اعمال شده اعم از مشخصات کامل سدهای موجود، مسیر انتقال آب و ایستگاه-های آب‌کشی در نرم افزار تعریف شدند. با مشخص شدن منابع و مصارف و اجرای نرم افزار، نتایج اولیه شبیه‌سازی بدست آمدند. با توجه به اینکه داده‌های مربوط به برداشت‌ها و آوردها در بخش‌های میان حوضه‌ای وجود نداشتند، جهت بازسازی مقادیر میان حوضه‌ای، از داده‌های آب‌سنجی ایستگاه‌های موجود استفاده گردید. میزان خطای نرم‌افزار با استفاده از معیار میانگین مربعات خطا و درصد خطای نسبی بر مبنای روابط زیر انجام گرفت:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_o - Y_E)^2}{n}} \quad (1)$$

$$RE = \left| \frac{Y_o - Y_E}{Y_o} \right| \times 100 \quad (2)$$

که در آن RMSE مجذور میانگین مربعات خطا، RE خطای نسبی، n تعداد مشاهدات، Y_o مقدار مشاهده‌ای متغییر وابسته و Y_E مقدار تخمین متغییر وابسته می‌باشد. در مورد مقادیر بدهای محاسبه و مشاهده شده، مقدار RMSE برابر ۰/۸۷۱، و RE برابر با ۱۱/۶۶ محاسبه گردید، که میزان خطای قابل قبولی می‌باشد. با اختصاص دادن

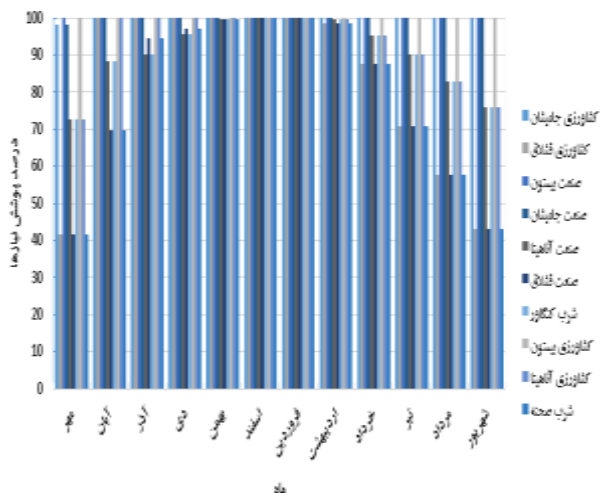
نمایش نامه ۱

فرض نمایش نامه ۱ این است که تنها سد موجود در حوضه، سد بیستون و نیازهای تعریف شده آن است. در این نمایش نامه مصارف در بالادست سد بیستون، در شرایط موجود در میزان آورد میان حوضه‌ای لحاظ گردید. با فرض این که محدودیتی در توان پمپاژ آب از خط انتقال سد انحرافی به سد بیستون وجود نداشته باشد، مجموع نیازهای سد بیستون برابر با $53/3$ میلیون مترمکعب خواهد بود. که از این مقدار $38/76$ میلیون مترمکعب مربوط به بخش صنعت و $14/54$ میلیون مترمکعب مربوط به بخش کشاورزی است. این بدان معنی است که تمامی نیازهای سد بیستون بدون هیچ‌گونه کمبودی پوشش داده می‌شود. از طرفی، شبیه سازی کل حوضه نشان می‌دهد که از آورد 975 میلیون مترمکعبی رودخانه در محل سد انحرافی، خط انتقال قادر به پمپاژ $955/76$ میلیون مترمکعب است. بخش عظیمی از این آب انتقالی، مازاد بوده و نیازی به انتقال نخواهد داشت. نیاز زیست محیطی در این حالت برابر با $43/57$ میلیون مترمکعب منظور شده است. در صورتی که محدودیت حداکثر $3/5$ مترمکعب بر ثانیه در ظرفیت انتقال آب از رودخانه گاماسیاب به سد بیستون، لحاظ گردد، نتایج شبیه‌سازی نشان دهنده تأمین تمامی نیازهای تعریف شده می‌باشد. حال آنکه میزان پمپاژ آب از رودخانه به سد بیستون از $955/76$ میلیون مترمکعب به 101 میلیون مترمکعب کاهش خواهد یافت؛ در این حالت، مقدار خروجی از حوضه برابر با 927 میلیون متر مکعب خواهد بود. همچنین آبیگر سد بیستون تحت اعمال نمایش نامه ۱، و بدون محدودیت انتقال آب، در بیش از 88 درصد مواقع سال پر خواهد بود. از طرفی، درصد زمان پر بودن آبیگر سد در حالت وجود محدودیت انتقال به 66 درصد کاهش می‌یابد.

نمایش نامه ۲

به منظور بررسی وضعیت منابع آب حوضه گاماسیاب بعد از اعمال مدیریتهای مد نظر، که به صورت پیشنهاد ساختن سد در حوضه می‌باشد، در نمایش نامه دیگری علاوه بر سد بیستون، سه سد قشلاق علیا، جامیشان و آناهیتا (کبوتر لانه) به همراه نیازهای مربوطه شبیه‌سازی گردیدند. حجم کل نیازها در این سناریو برابر با 176 میلیون مترمکعب

محاسبه گردید. در صورت عدم محدودیت، خط انتقال قادر به پمپاژ 835 میلیون متر مکعب آب از رودخانه گاماسیاب به محل سد بیستون است. شکل (۲) نتایج نرم افزار WEAP را برای اعمال مدیریت طبق نمایش نامه ۲ نشان می‌دهد. این نتایج بصورت درصد پوشش نیازهای حوضه ارائه شده‌اند.



شکل ۲- درصد پوشش نیازهای حوضه گاماسیاب در

نمایش نامه ۲ بدون محدودیت انتقال

از مجموع 176 میلیون مترمکعب نیاز کل حوضه، آبیگر سدهای بیستون، قشلاق، جامیشان و آناهیتا قادر به تأمین $22/32$ میلیون مترمکعب از نیازهای تعریف شده نیستند. بیشترین میزان کمبود آب معادل $9/74$ میلیون مترمکعب می‌باشد که مربوط به بخش کشاورزی در محدوده سد قشلاق علیاست. کمبود آب نیز در سدهای جامیشان و آناهیتا به ترتیب برابر با $6/1$ و $3/81$ میلیون متر مکعب است. آنچه به عنوان محدودیت اصلی در اعمال مدیریت سدسازی در یک حوضه مطرح می‌شود، توان حوضه در تأمین آب آبیگرهای سدهای پیش بینی شده است. در واقع مهار 20 تا 40 درصد آورد سالانه یک رودخانه جهت تأمین نیازهای بشر از جمله نیازهای شرب و انرژی و حتی توسعه کشاورزی، می‌تواند بدون لطمه به محیط زیست مورد توجه قرار گیرد. حال آن که بیشتر از این مقدار، عواقب زیانباری از جمله خشک شدن حوضه‌های آبخیز، به دنبال خواهد داشت (Asano et al. 2006). نمودار

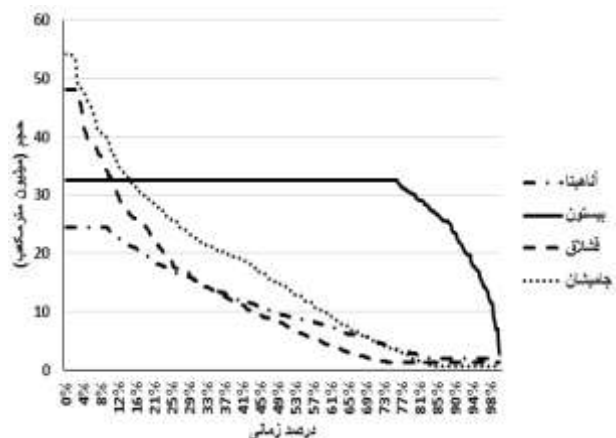
نتیجه گیری

در این پژوهش اقدامات مدیریتی در حوضه گاماسیاب کرمانشاه مورد ارزیابی قرار گرفته و نمایش‌نامه‌های مدیریتی متناسب با طرحهای توسعه حوضه تعریف گردیدند. نتایج بیانگر پوشش کامل نیازهای سد بیستون در هر دو حالت انتقال آب با محدودیت و یا بدون محدودیت انتقال، می باشد. به طوری که در بیشتر از ۶۷ درصد طول سال، مخزن سد پر خواهد بود. نمایش‌نامه ۲ بر مبنای سیمای موجود توسعه حوضه تعریف شد. نتایج شبیه سازی این نمایش‌نامه نشان دادند که در مجموع آبگیرسدهای حوضه با کسری ۲۲/۳۲ میلیون متر مکعب آب جهت تأمین نیازهای تعریف شده خود مواجه خواهند بود. در این پژوهش، داده‌های دراز مدت حوضه مورد استفاده قرار گرفتند که این موضوع تاثیر خشکسالی‌های اخیر را در نتایج حاصله کم رنگ می کند. از طرفی، عدم امکان محاسبه میزان آورد رودخانه و حتی بارندگی حوضه و استناد به گزارش‌های مشاورین از محدودیتهای این پژوهش می باشد. استفاده از مفهوم آب مجازی، بهبود بازده آبیاری، تغییر الگوی کشت در حوضه و نیز توجه به مفهوم بهره وری آب می تواند به عنوان جایگزین سدسازی و انتقال آب بین حوضه‌ای مورد توجه محققین و سیاستگذاران بخش آب قرار گیرد.

مراجع

- ۱) بروجنی، ا. س، م، رهنما، ک. ش گوغری، ۱۳۹۱. ارزیابی و شبیه سازی طرح انتقال آب بین حوضه‌ای کوهرنگ ۳ با استفاده از نرم‌افزار WEAP. سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ساری، ایران
- ۲) شرکت مشاور آبدان فراز، ۱۳۹۱. مطالعه مرحله اول طرح سد مخزنی بیستون و سامانه انتقال. گزارش مطالعات تفصیلی سد بیستون و سامانه انتقال. گزارش مشاور، ۲۳۰ صفحه.
- ۳) یزدان پناه، ط، س. خدائشناس، ک. داوری، ب. قهرمانی، ۱۳۸۷. مدیریت منابع آب حوضه آبریز با استفاده از مدل WEAP (مطالعه موردی حوضه ازغند). مجله علوم و صنایع کشاورزی ویژه آب و خاک، ۲۲ (۱)، ۲۱۲-۲۲۲
- ۴) هلقی، م. م و ع. و. جوان. ۱۳۸۹. برنامه‌ریزی منابع آب با استفاده از مدل WEAP مطالعه موردی: حوضه آبریز

شکل (۳) بیانگر درصد زمانی است که آبگیر سد در آن دارای حجم مشخصی می باشد. با توجه به این شکل، آبگیرهای دو سد جامیشان و قشلاق فاقد حجم متناسب با نیازهای تعریف شده می باشند. از طرفی میزان آورد (۱۰۰٪) آب تجدید پذیر سالانه) نسبت به نیازهای تعریف شده و حجم سد متناسب نیست. آورد در محل سدهای جامیشان و قشلاق به ترتیب برابر با ۵۷/۶۵ و ۵۰/۹۹ میلیون مترمکعب می باشد. لازم به ذکر است که با کاهش میزان بارندگی در سالهای اخیر، رواناب حوضه گاماسیاب نیز کاهش یافته که این موضوع می تواند میانگین دراز مدت داده‌های آورد را نیز کاهش دهد.



شکل ۳- نمودار درصد زمانی حجم آبگیر سدهای

حوضه در نمایش‌نامه ۲

در بخش دوم این نمایش‌نامه محدودیت ۳/۵ مترمکعب بر ثانیه، به خط انتقال آب به سد بیستون، اعمال گردید. در این صورت حجم آب انتقالی به وسیله سامانه انتقال آب به سد بیستون به میزان ۹۳/۲۴ میلیون متر مکعب کاهش خواهد یافت. که با توجه به مجموع نیازها و تبخیر از سطح دریاچه سد (۵۷ میلیون مترمکعب) این حجم آب انتقالی، نیازهای تعریف شده را پوشش خواهد داد. در این حالت آبگیر سد تنها با کمبود ۰/۱۳ میلیون مترمکعب مواجه می گردد که مقدار بسیار ناچیز و قابل چشم پوشی است. نتایج تحقیق با مطالعات مهندسی مشاور آبدان فراز (۱۳۹۱) هم خوانی دارند.

رامیان استان گلستان. دومین کنفرانس سراسری مدیریت جامع منابع آب. دانشگاه شهید باهنر کرمان، انجمن مهندسی آبیاری و آب، کرمان، ایران

5) Asano, T. F, Burton. H, Leverenz. R, Tsuchihashiand G, Tchobanoglous. 2006. Water reuse: issues, technologies, and applications. 1st ed. Metcalf & Eddy, Inc. 525p.

6) Lévíte, H. H, Sally and J, Cour. 2003. Testing water demand management scenarios in a water-stressed basin in South Africa: application of the WEAP model. Phys. Chem. Earth, Parts A/B/C, 28: 779-786.

7) Yates, D. M, Iwra. J, Sieber. D, Purkey and A, Huber-Lee. 2005. WEAP21—A demand-, priority-, and preference-driven water planning model. Water Int., 30: 487-500.

8) Hamlat, A. M, Errih and A, Guidoum. 2013. Simulation of water resources management scenarios in western Algeria watersheds using WEAP model. Arab. J. Geosci., 6: 2225-2236.