مجله علمی پژوهش‌های کاربردی در علوم زمین (سال اول)
شماره ۳ / زمستان ۱۳۹۵ / ص۵۶- ۴۶

بررسی اثرات فعالیت‌های آبخیزداری و لزوم تغذیه مصنوعی شهرستان کاشان بر مهار و ذخیره آبهای سطحی و ارتقاء کمی آبهای زیرزمینی (با رویکرد ایجاد قوانین، برنامه و مدیریت جدید)

جواد صمدی[۱]، نغمه مبرقعی دینان[۲]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد مهندسی منابع طبیعی-آلودگی‌های محیط‌زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

[۲] دانش‌یار گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط‌زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

نام و نشانی ایمیل نویسنده مسئول:
نغمه مبرقعی دینان
n_mobarghei@yahoo.com

چکیده

در شهرستان کاشان فعالیت‌های متعدد آبخیزداری (سازه، بند، اقدامات بیولوژیکی) در جهت مهار و ذخیره سیلاب‌ها صورت گرفته و یا درحال انجام است که حجم آبگیری آنها بیش از ۱۲میلیون مترمکعب می‌باشد. با توجه به فعالیت‌های آبخیزداری و نیز با توجه به عملکرد بند خاکی لتحر در مهار سیل ۵۰ساله رودخانه بن‌رود قمصر، و دیگر سازه‌ها و بندهای خاکی با عملکرد مشابه، انجام تغذیه مصنوعی، بهینه‌سازی بند آبخوان و دیگر اقدامات آبخیزداری (بندهایی با حجم مخزن ۵۰۰هزار تا ۲میلیون مترمکعب و غیرو) در محل تلاقی با رودخانه‌های دائمی حاشیه غربی آبخوان کاشان به عنوان راهکاریی جهت مهار و ذخیره سیلاب‌ها و ارتقاء کمی و کیفی منابع آب نتیجه‌گیری شد.

کلمات کلیدی: بند خاکی- سیلاب- آبخیزداری- تغذیه مصنوعی- شهرستان کاشان

مقدمه

امروزه مدیریت اصولی حوادث غیرمترقبه بر اساس مدیریت مبتنی بر پیشگیری یا اصطلاحاً مدیریت ریسک می‌باشد، که این مدیریت به‌هنگام و موثر با صرفه‌تر از مدیریت مبتنی بر عکس‌العمل یا اصطلاحاً مدیریت بحران می‌باشد [۱].

هدف از این پژوهش بررسی اثرات ایجاد سیل‌برگردان، بندهای خاکی، سازه‌های آبخیزداری، موارد مربوط به تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی و اقدامات بیولوژیکی به عنوان بخش مهمی از روش‌های پیشگیرانه مقابله با سیل می‌باشد که در ادامه اهمیت و نقش اثرات آن با توجه به سیلاب مورخه ۶تیرماه سال ۱۳۸۶ شهرستان کاشان که در جدول (۱) ارائه شده تجزیه و تحلیل خواهد شد.

روغنی (۱۳۹۱) در پژوهشی نقش عملیات مکانیکی و سازه‌های آبخیزداری احداث شده با حجمی در حدود ۱۳۰۶ مترمکعب در کنترل رواناب حوضه آبخیز حیدری-زاینده رود را بررسی کرد. نتایج نشان داد که این سازه‌ها ضمن ذخیره و نفوذ رواناب قادر به کنترل سیلابی با دوره بازگشت ۵۰ساله می‌باشد و مدلی جهت برآورد نسبی تعداد سازه‌های مورد نیاز متناسب با اهداف طرح در سطح معنی‌داری ۹۹٪ پیشنهاد گردید [۲].

دخانی و سلیمانی (۱۳۹۴) در پژوهشی اثر روش‌های جمع‌آوری آب باران بر کاهش میزان سیل و رواناب در مناطق نیمه خشک تا نیمه مرطوب ایران مرکزی را مورد بررسی آماری قرار دادند. نتایج میانگین بارش و رواناب در هر زیر حوزه محاسبه و به روش مقایسه میانگین دانکن در یک بلوک کامل تصادفی شامل سه تیمار (پیتینگ، کشت روی خطوط تراز و تراس‌های کنتوری اجراء شده) و سه تکرار برای هر حوزه مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج بیانگر معنی‌داری تیمارهای مذکور در کنترل سیل و رواناب می‌باشد [۳].

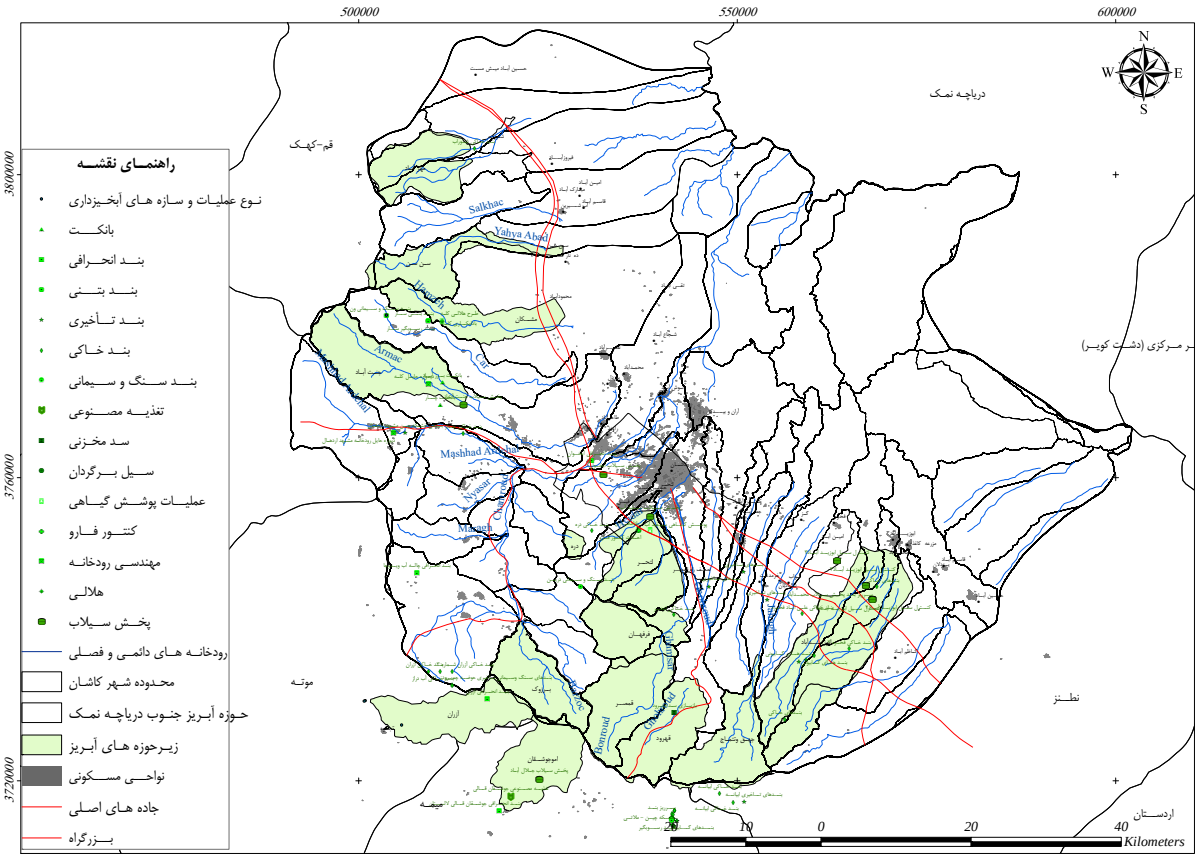
۱- منطقه مورد مطالعه

حوزه آبریز دریاچه نمک شهرستان‌های کاشان، آران و بیدگل در دامنه کوههای کرکس و حاشیه کویر مرکزی ایران و در حدود ۲۴۰کیلومتری جنوب تهران و ۲۰۰کیلومتری شمال اصفهان به وسعت ۶۹۵۰کیلومترمربع می‌باشد که در شمال به دشت قم، در جنوب به ارتفاعات مجاور منطقه نطنز و میمه از غرب به ارتفاعات نراق و از شرق به دشت نطنز و اردستان و بین طولهای جغرافیائی ′۵۴ °۵۰ تا ′۶ °۵۲ و عرضهای ′۳۶ °۳۳ تا ′۳۰ °۳۴ با متوسط بارندگی ۱۵۴میلی‌متر محدود می‌باشد. حدود ۵۸درصد از این حوزه، دشت که با متوسط بارندگی ۱۱۸میلی‌متر در نیمه شمال شرقی و حدود ۴۲درصد آن منطقه کوهستانی (۲۸۸۵کیلومترمربع) می‌باشد که با متوسط بارندگی ۲۰۵میلی‌متر در نیمه جنوب غربی قرار گرفته است (نقشه ۱). بیشتر منابع آب این شهرستان‌ها را آب زیرزمینی تشکیل می‌دهد. از منابع آبهای سطحی رودخانه‌های برزوک چمرود، بن‌رود قمصر، قهرود و جهق از مهمترین رودخانه‌هایی هستند که بیشترین اثر را بر شهر کاشان در سال ۱۳۸۶ ایجاد نمودند.

جدول ۱- مشخصه فیزیکی و آماری سیلاب مورخه ۱۳۸۶/۴/۶ [۱].

نام حوضه / مشخصه فیزیکی	قهرود	برزوک	جهق	خرم‌دشت	بن‌رود
مساحت (km^2)	۵۵/۳	۸۸	۸۷/۲	۱۰۷/۲	۲۲۰
محیط (km)	۳۷	۵۱	۵۰/۶	۷۸	
شیب متوسط (٪)	۲۷/۵	۳۶/۴	۳۰	۱۹/۵	۳۰/۶
قطر دایره معادل (km^2)	۸/۴	۱۰/۶	۱۰/۵	۱۱/۷	۱۶/۸
طول رودخانه اصلی (km)	۱۱/۵	۱۷/۴	۱۹	۳۹/۵	۳۸
شیب رودخانه اصلی (٪)	۶	۶/۱	۵/۶	۱۱	-
زمان تمرکز (ساعت)	۳/۲	۴/۵	۵	۱۱	۶/۸
زمان تأخیر (ساعت)	۱/۹	۲/۷	۳۶	۶/۶	۴
شماره منحنی (CN)	۸۵	۷۰	۸۲	۷۵	۸۰
ارتفاع بارش (mm)	۸۰	۶۰	۷۵	۷۵	۶۰
مدت زمان بارش (دقیقه)	۲۰-۳۰	۲۰-۳۰	۱۵-۲۰	۱۵-۲۰	۲۰-۳۰
دوره بازگشت	۵۰ساله	۲۵ساله	۵۰ساله	۲۵ساله	۵۰ساله
حجم سیلاب (MCM)	۲/۶	۱/۳	۳	۳	۲/۶
دبی پیک سیلاب (m^3/s)	۲۴۰	۸۸	۱۹۰	۹۰	۱۸۰

حوضه آبریز رودخانه‌های زنجانبر، دره، جزه، خنچه، بارونق و جوشقان آسترک از نظر تقسیمات کشوری جزء استان اصفهان بوده و در محدوده شهرستان کاشان واقع می باشند. رودخانه حوضه زنجانبر از کوه علامه سرچشمه گرفته و با نام رودخانه لاگیره در ادامه مسیر با گذشت از جهق با نام رودخانه جهق به زنجانبر رسیده و در نهایت به دریاچه نمک ریزش می‌کند. رودخانه‌های حوضه دره (رودخانه حیدر) از کوههای سیاه‌کوه، هفت‌کتل و زرددره تشکیل می‌گردد. رودخانه خنب نیز از آبریز کوههای تجه، لاسی جزه و کوه درد ورگ سرچشمه می‌گیرد و در انتهای مسیر و پس از عبور از بافت شهرستان کاشان در محل میدان شهیدان زارع با آبراهه بن‌رود تلاقی یافته و تشکیل رودخانه گازرگاه را می‌دهند و سرانجام در شرق شهر نوش آباد یا رودخانه حیدر یکی شده و به سمت کویر رهسپار می‌گردد. سرشاخه‌های رودخانه چمرود از ارتفاعات کرکس واقع در جنوب حوضه آبریز سرچشمه گرفته و با تشکیل رودخانه برزک در ادامه مسیر خود به چند رودخانه فرعی دیگر نظیر رودخانه‌های لاسیاه و آب ییلاق پیوسته و پس از یکی‌شدن با رودخانه‌ای که از سمت شمال غربی در محل سوک‌چم به آن می‌پیوندد، وارد دشت کاشان می‌شود و بعد از محل دریاچه مصنوعی ناجی‌آباد به سه شاخه تقسیم گردیده و یک شاخه به تنهایی به طرف دریاچه نمک حرکت نموده و دوشاخه بعدی با هم تلاقی نموده و بعد از پیوستن به رودخانه حیدر به سمت دریاچه نمک حرکت می‌کنند [۴].



نقشه ۱- منطقه مورد مطالعه (سازه‌ها و عملیات آبخیزداری اجراشده در حوزه آبریز جنوب دریاچه نمک شهرستان کاشان)

۲- مواد و روش پژوهش

پس از انتخاب ایستگاهها و جمع‌آوری آمار و اطلاعات آنها، نسبت به بررسی وضعیت آماری آنها در طول دوره آماربرداری پرداخته شد. از بین کلیه ایستگاه‌ها، ایستگاههای تبخیرسنجی فین و سینوپتیک کاشان و ایستگاه قمصر از کیفیت و آمار مناسبی برخوردار بودند. ایستگاه قمصر و کاشان با توجه به نزدیکی به محدوده مطالعاتی بعنوان ایستگاه معرف حوضه مطالعاتی جهت بررسی پارامتر باران و ایستگاههای فین و کاشان بعنوان ایستگاههای مبنا در نظر گرفته شد. سپس آمار سایر ایستگاه‌ها با استفاده از آمار ایستگاه‌های فین و کاشان کنترل کیفیت شده و در موارد فقدان و کمبود آمار نسبت به تکمیل و بازسازی آن اقدام شد. جهت بررسی صحت و دقت آمار ایستگاههای منتخب بارندگی علاوه بر ایستگاه‌های واقع در حوضه آبریز مورد مطالعه از آمار ایستگاههای حوزه‌های مجاور نیز استفاده شد. در این مطالعات به دلیل دقت و بلند بودن آمار بارش ایستگاه سینوپتیک کاشان و تبخیرسنجی فین، پس از تکمیل آمار این ایستگاهها، از این ایستگاه بعنوان مبنا جهت تکمیل و تطویل آمار سایر ایستگاهها استفاده گردید. همچنین با توجه به وضعیت آمار موجود ایستگاههای

مورد مطالعه، دوره ۳۶ ساله (۱۳۸۱- ۱۳۴۵) بعنوان دوره شاخص در نظر گرفته شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، کنترل صحت آمار جمع‌آوری شده و شناسایی آمار مشکوک نخست تست همگنی به روش جرم مضاعف بر روی داده‌های آماری اعمال گشت تا درجه همگن بودن آمار ایستگاهها مورد بررسی قرار گیرد. روابط حاصل از برقراری همبستگی خطی برای تکمیل و تطویل بارش ایستگاههای منتخب در محدوده مورد مطالعه استفاده گردید. بارش سالانه تعدادی از ایستگاه‌ها که دارای آمار کوتاه مدت هستند با استفاده از روش نسبت‌ها تطویل گردید. در حوضه‌های مورد مطالعه با توجه به مساحت کم حوضه و شرایط خاص فیزیوگرافی آن بهره‌گیری از شدت بارش‌های کوتاه مدت برای محاسبه دبی سیلاب رودخانه نتایج مطلوبی را در بر خواهد داشت که در مطالعات هیدرولوژی به منظور برآورد حداکثر دبی لحظه‌ای (پیک سیلاب) و در مطالعات آبخیزداری جهت برآورد میزان فرسایش و حمل رسوب و در طرحهای تغذیه مصنوعی جهت برآورد حجم حوضچه تغذیه کاربرد دارد. به منظور برآورد حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته این ایستگاه‌ها به ازای دوره برگشت‌های مختلف، با استفاده از برنامه نرم افزاری، توزیع‌های مختلف آماری نظیر نرمال، لوگ نرمال (دو و سه پارامتری)، پیرسون و لوگ پیرسون تیپ III، گاما و گامبل تیپ I، بر روی آمار هریک از ایستگاه‌ها برازش داده شده و در نهایت بهترین توزیع انتخاب گردیده است. از میان ایستگاه‌های منتخب ایستگاه قمصر بعنوان معرف حداکثر بارندگی‌های روزانه در حوضه‌های آبریز رودخانه‌های زنجانبر، دره و جزه و ایستگاه کاشان به عنوان معرف حداکثر بارندگی‌های روزانه در حوضه‌های آبریز رودخانه‌های خنچه، بارونق و جوشقان آسترک در نظر گرفته شد. جهت تعیین منحنی‌های شدت- مدت- دوره برگشت در ابتدا مقادیر نسبت ارتفاع بارندگی در زمان‌های مختلف برای هر دوره برگشت به ارتفاع بارندگی حداکثر ۲۴ ساعته همان دوره برگشت در ایستگاه سینوپتیک کاشان محاسبه شده سپس مقادیر حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته برای ایستگاه قمصر و ایستگاه کاشان طی دوره آماری ۸۳-۱۳۵۰ در مقادیر نسبت‌های مذکور ضرب شده و بدین ترتیب مقادیر بارندگی در تداوم‌های مختلف و برای دوره برگشت‌های مختلف بدست آمد. با تقسیم این مقادیر بارندگی بر تداوم مربوطه، مقادیر شدت بارندگی نیز در حالت‌های مختلف حاصل شد. پارامترهای حرارتی نیز بدون در نظرگرفتن دوره شاخص و طول دوره آماری مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به روابط همبستگی که برای منطقه مورد مطالعه حاصل شده، میزان افت دما به ازای هر کیلومتر افزایش ارتفاع بدست آمد. همچنین تجزیه و تحلیل و برآورد میزان تبخیر و رطوبت تهیه شد. جهت بررسی خصوصیات فیزیوگرافی حوضه محیط و مساحت آن همچنین شکل حوضه از طریق روش‌های گراویلیوس، هورتن و مستطیل معادل به بررسی ضریب شکل پرداخته شد. توزیع ارتفاعی حوضه از طریق نمودار هیپسومتری- آلتی‌متری حوضه و ارتفاع متوسط و میانه حوضه از طریق روش وزنی بر طبق رابطه ۱ بدست آمد.

$$H_{mean} = \sum_{i=1}^{n} h_i \times a \Big/ \sum_{i=1}^{n} a_i \qquad (۱)$$

که در آن:

H_{mean}: ارتفاع متوسط حوضه به متر، a_i: سطح جزئی با ارتفاع متوسط، h_i: ارتفاع متوسط بین دو تراز ارتفاعی به متر است.

شیب حوضه از طریق محاسبه شیب متوسط کل حوضه به روش آلورد طبق رابطه ۲ بدست آمد.

$$S = \frac{dH * (\Sigma L)}{A} * 100 \qquad (۲)$$

که در آن:

S: شیب متوسط حوضه به درصد، ΣL: مجموع طول خطوط تراز منتخب در کل حوضه، dH: اختلاف ارتفاع بین خطوط تراز از دسته‌بندی شده به کیلومتر، A: مساحت حوضه به کیلومتر است.

زمان تمرکز حوضه از دو روش برانسی – ویلیامز (معمولا برای حوضه و زیرحوضه‌های کمتر از ۱۰کیلومتر محاسبه می‌شود) برای حوضه‌های دره و جزه طبق رابطه ۳، و روش SCS (معمولا برای حوضه و زیرحوضه‌های بیشتر از ۳۰کیلومتر محاسبه می‌شود) برای حوضه‌های زنجانبر، خنچه، بارونق و جوشقان استرک طبق رابطه ۴ بدست آمد.

$$T_C = \frac{0.96 L^{1.2}}{H^{0.2} A^{0.1}} \qquad (۳)$$

که در این رابطه:

T_C: زمان تمرکز به ساعت، L: طول آبراهه اصلی به کیلومتر، H: اختلاف ارتفاع دو طرف آبراهه اصلی بر حسب متر، A: مساحت حوضه به کیلومترمربع است.

$$T_C = 1.67 T_l \quad (۴)$$

دراین رابطه:

T_C زمان تمرکز به ساعت و T_L زمان تاخیر می‌باشد. زمان تأخیر مدت زمان بین مرکز باران موثر و زمان ظهور دبی سیلاب می‌باشد و از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$T_l = \frac{L^{0.8}(S+1)^{0.7}}{1900 y^{0.5}}$$

که در این رابطه:

L: طول آبراهه اصلی به فوت، y: شیب متوسط حوضه به درصد

S: توان تلفات حوضه (اینچ) که با استفاده از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

CN: شماره منحنی معرف ویژگی‌های فیزیکی سطح حوضه است.

پروفیل طولی رودخانه اصلی با تعیین طول رودخانه اصلی تحت بررسی و ارتفاع مقاطع مختلف آن در فواصل مشخص پروفیل طولی رودخانه ترسیم گردید با توجه به نقش سرعت آب در تخریب بستر جریان لازم است عامل اصلی بوجود آورنده سرعت، یعنی شیب آبراهه مورد بررسی قرار گیرد. براین اساس شیب‌های ناخالص، خالص و متوسط وزنی رودخانه اصلی مورد بررسی قرار گرفت. که نتایج حاصل از محاسبات در جدول ۲ به صورت خلاصه ارائه شد.

جدول ۲- نتایج فیزیوگرافی حوضه‌های آبریز شهرستان کاشان

نام حوضه / مشخصات فیزیوگرافی	زنجانبر	دره۱	دره۲	دره۳	دره۴	جزه	خنچه (بارونق۱)	بارونق۲	جوشقان استرک
مساحت (km^2)	۹۴/۴	۸/۷	۵/۱	۳/۸	۲/۳	۵/۷	۶۶۶	۲۹۰/۸	۱۸۶/۴
محیط (km)	۶۵/۲	۱۴/۶	۱۰/۴	۱۰/۵	۸/۰	۱۲/۴	۱۳۸	۱۰۵/۶	۸۰/۴
ضریب گراولیوس (km)	۱/۹	۱/۴	۱/۳	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵۱	۱/۷	۱/۶۶
طول مستطیل معادل (km)	۲۹/۴	۵/۸	۳/۹	۴/۴	۳/۳	۵/۱	۵۷/۹	۴۶/۶	۳۴/۹
عرض مستطیل معادل (m)	۳/۲	۱/۵	۱/۳	۰/۹	۰/۷	۱/۱	۱۱/۵	۶/۲	۵/۳
ارتفاع متوسط (m)	۲۵۴۵	۲۰۶۹	۲۲۲۰	۲۲۸۱	۱۹۴۳	۱۹۶۱	۲۲۳۸	۲۰۶۳	۱۹۷۳
ارتفاع بلندترین نقطه (m)	۳۰۴۶	۲۷۲۴	۲۹۰۷	۲۹۹۲	۲۴۷۲	۲۷۰۰	۳۶۰۲	۳۳۵۸	۳۰۹۵
ارتفاع پایین ترین نقطه (m)	۱۷۶۰	۱۵۰۹	۱۵۰۹	۱۵۰۹	۱۵۰۹	۱۵۰۰	۱۲۸۵	۱۲۷۵	۱۲۳۸
ارتفاع میانه (m)	۲۵۹۶	۲۱۷۵	۲۳۳۷	۲۳۸۹	۲۰۳۰	۱۹۷۹	۲۱۶۵	۲۳۱۸	۲۰۲۸
شیب متوسط (٪)	۱۲/۳	۶۲/۳	۶۲/۶	۶۰/۴	۵۰/۸	۴۹/۷	۱۷/۷	۳۰/۲	۲۴/۴
طول رودخانه اصلی (km)	۱۰/۷	۵/۸	۴/۲	۴/۲	۳/۲	۵/۰	۴۱/۱	۳۷/۶	۳۲/۷
شیب ناخالص آبراهه (٪)	۶/۶	۱۶/۵	۳۱/۳	۳۰/۷	۲۵/۹	۲۴/۲	۵/۶	۴/۶	۵/۳
شیب خالص آبراهه (٪)	۶/۲	۱۱/۱	۲۴/۳	۲۲/۴	۲۳/۴	۱۷/۶	۴/۲	۲/۸	۳/۴
زمان تمرکز به روش SCS (ساعت)	۲/۸	۱/۶	۱/۶	۱/۱	۱/۳	۱۷/۶	۹/۹	۱۲/۶	۱۰/۲۵

همچنین برای برآورد سیلاب دوره بازگشت‌های ۲-۱۰۰ساله درحوضه‌های مطالعاتی و رودخانه‌ها و مسیل‌های منتهی به شهر کاشان به روش SCS طبق رابطه ۵ توسط نرم‌افزار HEC-HMS در جدول ۳ و ۴ محاسبه و تعیین گردید.

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (۵)$$

که در آن:

P_e: بارش مازاد تجمعی، P: عمق بارش تجمعی، S: کمبود اولیه ذخیره سطحی رطوبت، I_a: ظرفیت اولیه ذخیره سطحی رطوبت است.

سازمان حفاظت خاک آمریکا رابطه زیر را برای I_a و S پیشنهاد کرده است:

$$I_a = 0.2 \times S$$

مقدار S به نوع پوشش زمین، نحوه بهره‌برداری از اراضی و وضعیت نفوذپذیری خاک بستگی دارد. مقدار کل تلفات از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

که در آن CN یا شماره منحنی یک عامل بدون بعد است که بین صفر تا ۱۰۰ می‌تواند متغیر باشد.

جدول ۳- مقادیر دبی و حجم سیلاب اوج دوره‌های بازگشت حوضه‌های مطالعاتی آبریز کاشان

نام حوضه	مساحت (km^2)	دبی اوج (m^3/s)						حجم سیلاب (هزارمتر مکعب)					
		۲ساله		۵ساله		۱۰ساله		۲۵ساله		۵۰ساله		۱۰۰ساله	
زنجانبر	۹۴/۶	۸/۵	۲۲۰	۲۷	۵۵۶	۳۹/۸	۷۷۰	۵۵/۷	۱۰۲۸	۷۰	۱۲۰۸	۷۷/۴	۱۳۷۲
دره۱	۸/۷	۳	۵۳	۶/۵	۱۰۱	۸/۵	۱۲۹	۱۰/۹	۱۶۲	۱۲/۵	۱۸۳	۱۳/۹	۲۰۳
دره۲	۵/۱	۲/۵	۳۱	۵/۳	۵۹	۷	۷۶	۸/۹	۹۵	۱۰/۲	۱۰۸	۱۱/۳	۱۱۹
دره۳	۳/۸	۲/۳	۲۳	۵	۴۴	۶/۶	۵۷	۸/۳	۷۱	۹/۵	۸۰	۱۰/۶	۸۹
دره۴	۲/۳	۱/۳	۱۴	۲/۷	۲۷	۳/۶	۳۴	۴/۶	۴۳	۵/۳	۴۹	۵/۹	۵۴
جزه	۵/۷	۳/۸	۳۴	۸/۱	۶۶	۱۰/۷	۸۴	۱۳/۵	۱۰۵	۱۵/۵	۱۱۹	۱۷/۳	۱۳۲
خنچه (بارونق ۱)	۶۶۶	۳/۸	۱۹۰	۲۷/۸	۱۴۵۹	۵۳/۸	۲۸۲۲	۹۷/۱	۵۱۳۴	۱۳۶/۲	۷۱۷۰	۱۸۲/۸	۹۴۱۶
بارونق (۲)	۲۹۰/۸	۱/۶	۸۳	۱۱/۲	۶۳۷	۲۲	۱۲۳۲	۴۰/۶	۲۲۴۲	۵۷/۱	۳۱۳۰	۷۵/۴	۴۱۱۱
جوشقان استرک	۱۸۶/۴	۵/۲	۲۸۱	۱۷/۶	۹۳۸	۲۸/۴	۱۵۱۷	۴۶	۲۴۱۳	۶۱/۴	۳۱۵۷	۷۷/۹	۳۹۵۰

جدول ۴- دبی پیک سیلابی زیرحوزه‌های آبخیز شهرستان کاشان بر اساس دوره‌های بازگشت ۲۵ و ۵۰ ساله مسیل‌های منتهی به شهر کاشان بدون درنظرگیری فعالیت‌های آبخیزداری

ردیف	نام رودخانه	مساحت حوزه آبریز (km^2)	طول رودخانه (km)	پیک سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ساله (m^3/s)	پیک سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ساله (m^3/s)
۱	سوک‌چم	حدود ۱۰۰۰	حدود ۴۰	۱۶۱	۲۵۰
۲	حیدر	۵۵	حدود ۲۰	۳۱/۸	۴۶
۳	گازرگاه	۲۸۰	حدود ۳۰ (با سرشاخه‌های لتحر و بن‌رود قمصر)	۶۲/۴	۸۵
۴	طاهرآباد	۲۲۳	۱۵	۴۱/۸	۶۰

۲-۱- بررسی اثرات فعالیت‌های آبخیزداری و تغذیه مصنوعی بر مهار و ذخیره سیلاب‌های رودخانه‌های کاشان

جدول ۵ خصوصیات حجم مخزن و میزان سیلاب‌های مهارشده بندها و جدول ۶ وضعیت سازه‌ها و فعالیت‌های آبخیزداری را نشان می‌دهد.

بند لتحر با ارتفاع ۱۹متر از بستر و طول ۱۷۰متر و عرض تاج ۵۰متر و گنجایش مخزن ۵۶۰۰۰۰مترمکعب با هدف کنترل سیلاب بخشی از شهر کاشان و تغذیه آبهای زیرزمینی در حدود ۱۴کیلومتری جنوب شهر کاشان و بر روی رودخانه قمصر احداث گردیده است این بند به خوبی توانسته است شدت پیک سیلاب رودخانه قمصر را مهار کند. این در حالی است که در صورت عدم وجود بند، آزادراه کاشان و تأسیسات و خانه‌های زیادی در طول مسیر قطعا آسیب می‌دیدند. سیلاب مورخه ۸۶/۴/۶ در رودخانه بن‌رود بر اثر بارندگی شدید در رودخانه بن‌رود جاری می‌شود. سیلاب پس از گذر از قزاآن، بن‌رود، قمصر و روستای فرفهان به بند خاکی لتحر رسیده و باعث خساراتی به این روستاها می‌شود. شیب زیاد حوضه و اتصال انشعابات متعدد به رودخانه بن‌رود، قدرت تخریبی زیادی را به سیلاب جاری شده در مورخه ۸۶/۴/۶ می‌بخشد. در این بین احداث بند کنترل سیلاب و رسوب لتحر که توسط آبخیزداری استان اصفهان طراحی و بر روی رودخانه بن‌رود بنا شده، با کاهش پیک سیلاب و قدرت تخریبی آن و جمع‌آوری مقادیر زیادی از رسوبات حمل‌شده توسط سیل با دوره بازگشت ۵۰ساله، از ایجاد خسارات جانی و مالی به جاده اصلی کاشان و نیز تاسیسات و مناطق مسکونی جنوب کاشان ممانعت به عمل آورده است [۱].

بزرگترین حوزه آبریز منطقه کاشان چمرود است که به دلیل وسعت و شیب زیاد از پرخطرترین رودخانه‌های کاشان می‌باشد. قرارگرفتن موسسات دولتی، خصوصی، دانشگاه‌های کاشان، پزشکی، آزاد اسلامی، شهرک‌های مسکونی، صنعتی و شهرهای منطقه آران و بیدگل خطرپذیری آن را دوچندان کرده است [۵].

طرحهای آبخیزداری شهرستان کاشان تاکنون احداث ۷ مورد پخش سیلاب، ۱۸ سازه بند خاکی، ۲۲۳ سازه بندتاخیری و رسوب‌گیر و ۹ سازه آبخوان‌داری در چمرود می‌باشد که این تعداد طرح با حجم آبگیری ۵میلیون و ۷۵۰هزار مترمکعب آبگیری اجراشده و باعث مهار سیلاب‌های ۲۵-۵۰ ساله می‌شود. همچنین عملیات بیولوژیک در ۹۰۰هکتار در روستاهای چنار، کمال‌الملک و ازوار نیز کمک بسیاری در جهت اهداف آبخیزداری ایجاد کرده است [۵].

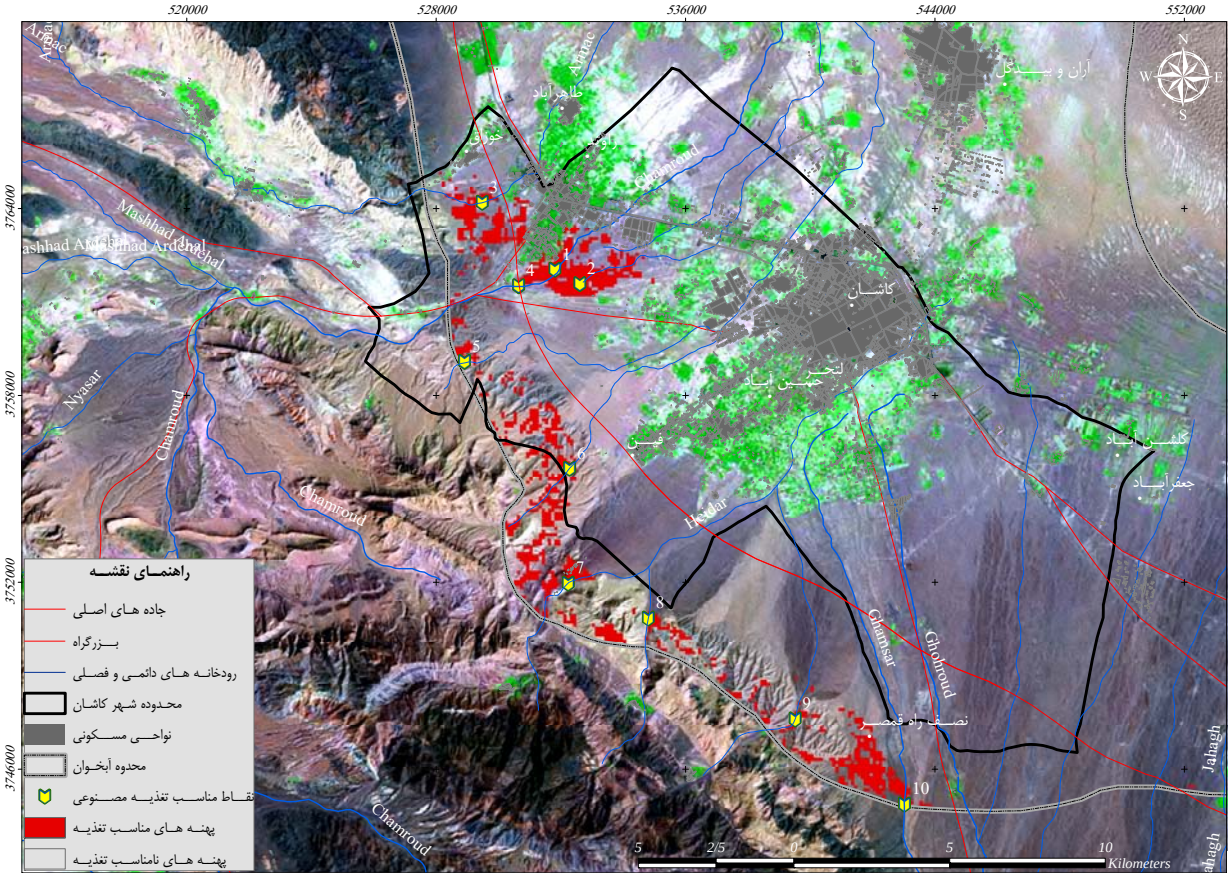
جدول ۵- عملیات اجرایی آبخیزداری شهرستان کاشان با قابلیت مهار سیلاب‌های با دوره بازگشت ۲۵ تا ۵۰ ساله

نام عملیات اجرایی آبخیزداری	حجم مخزن (MCM)	سیلاب رودخانه مهارشده
بند خاکی أب دراز	۰/۱	۱۰ساله برزوک (چمرود)
بند خاکی آزران (۱، ۲ و ۳)	۱	۵۰ساله برزوک (چمرود)
بند خاکی چنار	۰/۵	۲۵ساله مشهد اردهال (چمرود)
بند خاکی دره	۰/۳	۲۵ساله
بند خاکی شوراب	۰/۳	۲۵ساله شوراب
بند خاکی لتحر	۰/۵	۵۰ساله قمصر
پخش سیلاب جنت‌آباد	۱/۵	۵۰ساله ارمک
پخش سیلاب سفیدآباد	۲	۵۰ساله حیدر
پخش سیلاب آبخوان	۲/۵	۵۰ساله انتهای چمرود
پخش سیلاب فین	۲	۵۰ساله
بند خاکی مشکات	۰/۵	۵۰ساله حمزه
بند سنگی بتنی سار	۰/۵	۵۰ساله سار
بند خاک گنداب	۰/۳۵	۲۵ساله (چمرود)
بندهای خاکی ۱، ۲، ۳ قهرود	۱	۵۰ساله اواسط قهرود
سد قهرود	۳	۱۰۰ساله ابتدای قهرود
بند خاکی فرفهان	۰/۵	۵۰ساله (بن‌رود-قمصر)
بند خاکی قزاآن	۰/۵	۵۰ساله (بن‌رود)

۲-۲- اهمیت مکان‌یابی تغذیه مصنوعی آبخوان کاشان

تغذیه مصنوعی عبارت از ذخیره و واردکردن آب به یک سازند نفوذپذیر با هدف تغذیه سفره آب زیرزمینی و به منظور استفاده مجدد از آن با رژیم و یا کیفیتی متفاوت به وسیله ایجاد تأسیسات اضافی یا تغییراتی در شرایط طبیعی منطقه است [۶]. با افزایش جمعیت، تقاضا برای منابع آب قابل اطمینان افزایش یافته است. مناطقی که منابع آب زیرزمینی منبع تأمین آب است و میزان برداشت از این منابع بیش از تغذیه آنهاست دارای وضعیتی بحرانی هستند [۷]. برداشت بیش از حد از سفره‌های زیرزمینی و در نتیجه افت این ذخایر ارزشمند پیامدهای گاه جبران‌ناپذیری خواهد داشت که مستقیم و غیرمستقیم انسان و سکونتگاه‌های انسانی را متأثر خواهند کرد. در چنین مناطقی تغذیهٔ مصنوعی آبهای زیرزمینی از مهمترین راهکارهای مدیریتی است [۸].

جهت مکان‌یابی تغذیه مصنوعی کاشان از مدل SMAGR با استفاده از روش‌های فازی-آماری و AHP بر اساس هفت پارامتر آلودگی آبهای زیرزمینی (GC)، نرخ نفوذپذیری خاک (IR)، قابلیت هدایت هیدرولیکی (HC)، آلودگی خاک (SP)، کاربری اراضی (LU)، شیب توپوگرافی (TS) و سطح آب ایستابی (WT) جهت مکان‌یابی تغذیه مصنوعی آبخوان کاشان و از اضافه کردن لایه خطرپذیری آلودگی آبخوان جهت مکان‌یابی مناطق مناسب تغذیه با ملاحظات محیط زیستی آبهای زیرزمینی استفاده گردید. همانطور که در نقشه (۲) مشخص شده است در حدود ۲۰ کیلومتر مربع در قسمت‌های غربی شهر کاشان در محل تلاقی با رودخانه‌های فصلی و دائمی به خصوص رودخانه‌های چمرود در قسمت جنوب غربی راوند مناسب تغذیه مصنوعی می‌باشد. نقاط زردرنگ مناسب روش تزریقی و پهنه‌های قرمز رنگ مناسب روش حوضچه و پخش سیلاب می‌باشد [۹].



نقشه ۲- مکان‌های مناسب تغذیه مصنوعی کاشان جهت مهار و ذخیره سیلاب رودخانه‌ها [۹]

۳- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مساحت حوزه آبریز منطقه کاشان بالغ بر ۱۰۰۰۰کیلومترمربع می‌باشد در این وسعت ۱۶ زیرحوزه وجود دارد که از شمال غرب رودخانه شورآب شروع و تا جنوب شرق رودخانه تتماج ادامه می‌یابد. وسعت بخش کوهستانی حوزه‌های آبریز کاشان در حدود ۴۵۰۰کیلومترمربع می‌باشد و با توجه به متوسط بارندگی ۱۷۹میلی‌متری برآورد می‌شود که حجم سالانه نزولات در این بخش حدود ۸۰۵میلیون مترمکعب باشد. با توجه به پوشش گیاهی، شیب و مجموعه‌ای از پارامترهای مختلف در حدود ۸۰٪ از این نزولات به صورت تبخیر و نفوذ به لایه‌های زمین‌شناسی از منابع آبهای سطحی کاسته شده و در حدود ۱۶۱میلیون مترمکعب حجم روان آبهای این منطقه است که از مسیر زیر حوزه‌های آبریز به سمت کویر سرازیر و از چرخه استفاده خارج می‌شود. تقریباً حدود ۱۰میلیون مترمکعب حجم روان آبهای این حوزه توسط انواع روش‌های آبخیزداری و تغذیه مصنوعی کنترل و استحصال می‌شود. با توجه به حجم بسیار بالای روان‌آبهای منطقه، توجه به اجرای برنامه‌های آبخیزداری با هدف مهار و کنترل این میزان آب یک اقدام اساسی در منطقه می‌باشد.

تاکنون ۱۴ بند و سد خاکی در شهرستان کاشان احداث شده است که علاوه بر این، بالغ بر ۲۳ بند سنگ و سیمان، پخش سیلاب و چهار بند انحرافی در شهرستان کاشان احداث شده است. حجم آبگیری پروژه‌های اجراشده در یک نوبت بالغ بر ۱۲میلیون مترمکعب می‌باشد (نقشه ۱). با توجه فعالیت‌های آبخیزداری در مهار پخش و ذخیره سیلاب‌ها و نیز با توجه به عملکرد بند خاکی لتحر در مهار سیل ۵۰ساله رودخانه بن‌رود قمصر، و دیگر سازه‌ها و بندهای خاکی با عملکرد مشابه می‌توان به این نتیجه رسید که فعالیت‌های اجرایی آبخیزداری منجر به مهار سیل با دوره بازگشت ۵۰ساله رودخانه‌های قمصر (گازرگاه)، چمرود (سوک‌چم)، طاهرآباد، حیدر و ۵۰ساله قهرود شده است.

با توجه به نتایج بدست‌آمده و نیز فعالیت‌های اجراشده، آماده اجرا در جدول ۶ و اقدامات آتی تا ۵۰ ساله آینده، لزومی به انجام دیواره‌چینی و تکمیل دیواره ساحلی جهت هدایت و ذخیره آبهای سطحی و ایمنی آب در حریم رودخانه‌ها و مسیل‌های شهر کاشان نمی‌باشد.

جدول ۶- سازه‌های اجرایی و آماده اجراء حوزه‌های آبریز رودخانه‌های شهرستان کاشان [۱۰]

ردیف	نام حوزه فعالیت آبخیزداری	مساحت (ha)	وضعیت اجراء
۱	ظفرقند	۱۰۵۵۹	اجراءشده
۲	کامو و جوشقان	۹۵۲۱	اجراءشده
۳	آزران	۹۹۴۸	اجراءشده
۴	قهرود	۹۰۷۶	آماده اجراء
۵	جهق و تتماج	۱۴۴۱۱	آماده اجراء
۶	قمصر	۱۰۵۵۲	آماده اجراء
۷	برزوک	۹۰۳۸	آماده اجراء
۸	فرفهان	۸۲۲۰	آماده اجراء
۹	ابوزیدآباد	۱۹۹۷۶	اجراءشده
۱۰	دره	۸۰۵	اجراءشده
۱۱	لتحر	۱۰۸۹۵	اجراءشده
۱۲	جنت‌آباد	۱۳۱۸۰	اجراءشده
۱۳	مشکات	۸۵۴۵	اجراءشده
۱۴	مهرآباد	۸۹۱۷	آماده اجراء
۱۵	سن‌سن	۸۵۱۳	اجراءشده

با توجه به اقدامات آبخیزداری و مشخص شدن مناطق مناسب تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی نیازی به ساماندهی رودخانه سوک‌چم و یا دیگر رودخانه‌ها از قبیل افزایش عرض رودخانه‌ها و یا آزادسازی اراضی مناطق در حریم رودخانه‌های محدوده شهری کاشان نمی‌باشد. ولی عملیات اصلاح و بهینه‌سازی رودخانه‌ها و یا رهاسازی آب آن به منطقه آبخوان دشت کاشان به خصوص محدوده شهری و در ادامه انجام عملیات تغذیه مصنوعی به روش حوضچه و پخش سیلاب‌های احتمالی و نیز تزریقی، همچنین بندهایی با حجم مخزن ۵۰۰هزار

تا ۲ میلیون مترمکعب در مناطق مشخص‌شده مناسب تغذیه مصنوعی در جهت مهار سیل و ذخیره‌سازی آبهای سطحی ضروری به نظر می‌رسد. علاوه بر این، رعایت ۸ مورد ذیل می‌تواند کمک شایانی به کمیت و کیفیت منابع آبهای سطحی و زیرزمینی در جهت ایجاد قوانین، برنامه و مدیریت جدید ایجاد کند.

۱- اصلاح و بهینه‌سازی نهر صفی‌آباد، آزادسازی و رهاسازی آب سد قهرود به آبخوان دشت کاشان

۲- مهار، پخش و ذخیره‌سازی سیلاب‌های ناشی از رودخانه‌های بن‌رود و قهرود، رودخانه‌های منتهی به آن و نیز تغذیه مصنوعی مناسب آبهای زیرزمینی در آبخوان دشت کاشان با رعایت اصول محیط‌زیستی

۳- استفاده از بندها و سدهای رسوب‌گیر و سرعت‌گیر و عملیات بیولوژیکی در مناطق بالادست حوزه در ارتفاعات جهت کاهش فرسایش خاک، ماند و تبخیر آب، کاهش کیفیت، سرعت و قدرت تخریبی آب، کاهش خروج آبهای سطحی و زیرزمینی و ورود هرچه بیشتر آب به آبخوان دشت کاشان

۴- استفاده از سدهای آبگیری و مخزنی با حجم بالا در مناطق پایین‌دست حوزه در مناطق مناسب تغذیه مصنوعی همراه با احداث چاههای تغذیه‌ای جهت مهار و ذخیره‌سازی هرچه بیشتر آب رودخانه‌ها و سیلاب‌های آن، جبران افت کمی و کیفی آب و مبارزه با هجوم آب شور در مناطق شهری

۵- استفاده هرچه بیشتر رودخانه‌ها و سد مذکور جهت مصرف شرب، ذخیره‌سازی و استفاده در آب‌انبارها

۶- خریدن حق‌آبه‌های رودخانه‌ها و سد قهرود جهت کاهش هرچه بیشتر مصارف آب کشاورزی و استفاده از آب زیرزمینی به جای آن همراه با بهینه‌سازی مصرف آبیاری و الگوی کشت

۷- انجام دیواره‌چینی و حریم‌های ایمنی رودخانه‌ها در مناطق بالادست حوزه (در محل مناطق مسکونی روستاها و عوارض جاده‌ای و شهری رودخانه‌ها) و انجام چندین سد در مناطق مناسب تغذیه مصنوعی قبل از ورود رودخانه به مناطق شهری با رعایت موارد و بندهای مذکور بدون نیاز به انجام دیواره‌چینی و حریم‌های ایمنی رودخانه‌ها در مناطق پایین‌دست حوزه

۸- پیاده‌سازی موارد مذکور در دیگر مسیل‌ها و رودخانه‌های دائمی و فصلی کاشان در جهت کمک به کمیت و کیفیت، جلوگیری از آلودگی شوری و از بین رفتن آب‌های زیرزمینی، چاهها، قنوات، مصارف آب شرب، صنعت و کشاورزی و نیز پیش‌گیری از خطرات ناشی از سیلاب‌ها و کمبود منابع آب به خصوص در زمان بحران

منابع و مراجع

[۱] میرمحمد صادقی، س.ی.، رهنما، م.، لیاقتی، ح.، و آزاد، م.، مطالعه سیل کاشان، بررسی تحلیلی سیلاب حادثه‌شده در تاریخ ۱۳۸۶/۴/۶، سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری کشور، اداره کل منابع طبیعی استان اصفهان، مدیریت آبخیزداری، ۲۴ص، ۱۳۷۸.

[۲] روغنی، م.، "بررسی نقش عملیات مکانیکی آبخیزداری در کنترل رواناب حوضه آبخیز زاینده رود، مطالعه موردی در حوضه آبخیز حیدری"، مجله مهندسی آبیاری و آب، سال دوم، شماره ۷، صفحات ۱۱-۲۳، ۱۳۹۱.

[۳] دخانی، س.، و سلیمانی، ک.، "بررسی آماری اثر روش‌های جمع‌آوری آب باران بر کاهش میزان سیل و رواناب نیمه خشک و نیمه مرطوب ایران مرکزی (مطالعه موردی در ۹زیر حوزه آبخیز در استان اصفهان)"، مجله مهندسی اکوسیستم بیابان، سال چهارم، شماره ۶، صفحات ۷۱-۷۶، ۱۳۹۴.

[۴] امور منابع آب شهرستان‌های کاشان، آران و بیدگل.، مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی رودخانه‌های کاشان، ۱۳۶ص، ۱۳۹۴.

[۵] رحمانی، ر.، عملکرد ۲۰ساله آبخیزداری شهرستان کاشان، اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان کاشان، (http://kashan.manabeisf.ir)، ۱۳۹۱.

[6] Bize, J., Lemoine, J., Bourguet, L., L'alimentation artificielle des nappes souterraines, Masson et Cie, p. 160, 2000.

[7] Kalantari, N., Rangzan, K., and Thigale, S.S., and Rahimi, M., "Site selection and cost-benefit analysis for artificial recharge in the Baghmalek", Journal of Hydrogeology, Vol. 13, pp. 761-773, 2010.

[8] Mandal, N.C., and Singh, V.S., "A new approach to delineate the groundwater recharge in hard rock terrain", Current Science, Vol. 87, pp. 658-662, 2004.

[۹] صمدی، ج.، "مدل‌سازی مکان‌یابی تغذیه مصنوعی آبخوان کاشان با استفاده از روش‌های آماری، AHP و ملاحظات محیطزیستی آبهای زیرزمینی"، مجله تحقیقات منابع آب ایران، سال دوازدهم، شماره ۱، صفحات ۸۴-۹۴، ۱۳۹۵.

[۱۰] معاونت آبخیزداری و روابط عمومی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان اصفهان [سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور]، گزارش عملکرد ۲۰ ساله معاونت آبخیزداری (۱۳۷۰-۱۳۹۰) و معرفی پروژه‌های شاخص خاص در شهرستان‌های استان اصفهان، انتشارات بساتین، ۵۴ص، ۱۳۹۲.