

تحلیل اجمالی ارتباط بین سلامت آبخیز و کاربست سامانه‌های سطوح آبخیز باران

سیدحمیدرضا صادقی^{۱*}، زینب حزباوی^۲

۱- * استاد دانشگاه تربیت مدرس و رئیس انجمن آبخیزداری ایران (sadeghi@modares.ac.ir)

۲- دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس و مسئول کمیته دانشجویی انجمن آبخیزداری ایران (hazbavi.zeinab@gmail.com)

چکیده

منابع آب و خاک به‌عنوان گنجینه‌های مشترک انسان‌ها باید طوری مدیریت شوند که بتوان با حفظ آستانه‌های مناسب کیفیت و سلامت، آن‌ها را به نسل‌های بعدی سپرد. محدودیت‌های طبیعی مربوط به این منابع با ارزش غیر قابل انکار است. اما می‌توان با مدیریت مناسب و تصمیم‌گیری‌های صحیح سیاسی به حفظ همین منابع محدود کمک نمود. در این راستا به‌کارگیری روش‌های مختلف استحصال آب و سامانه‌های سطوح آبخیز باران به‌عنوان یکی از رویکردهای سبز و بهترین اقدامات مدیریتی (BMPs) برای دستیابی به اهداف نظام‌مند مدیریت سازگار منابع خاک و آب محسوب می‌شود. با وجود این، مرور اجمالی مطالعات انجام شده در این زمینه نشان داد که بسیاری از این روش‌ها بدون لحاظ وضعیت فعلی و به‌ویژه آینده‌پژوهی مناسب به‌کار گرفته شده‌اند. علی‌رغم اعلام گزارش‌های مثبت از طرح‌های به‌کار برده شده در اغلب مناطق مورد بررسی، این نکته نمایان شد که نیاز ضروری به اتخاذ روش‌های استحصال آب با توجه به وضعیت سلامت شرایط آبخیزهای مورد مطالعه می‌باشد تا با پشتوانه پژوهشی مطمئن‌تری نسبت به اتخاذ اقدامات مدیریتی اقدام نمود و امکانات پایش سلامت آبخیز نیز پس از اجرای اقدامات مورد نظر فراهم شود. در همین راستا، در پژوهش حاضر ابتدا به تعیین وضعیت سلامت آبخیز سازند واقع در استان مرکزی با استفاده از مدل مفهومی فشار-حالت-پاسخ (PSR) پرداخته شد. سپس با انجام یک بررسی اجمالی فرضی، اثر کاربست روش چاله و چوله‌کنی بر تغییر میزان سلامت حوزه آبخیز سازند و از طریق اثرگذاری بر حفظ منابع آب و خاک بررسی شد. به‌نحوی که پوشش‌های ۱۵ و ۲۰ درصدی اقدام مزبور در زیرآبخیزهای مختلف تأثیرات متفاوتی در دامنه صفر تا ۵۰/۱۰ درصد بر افزایش سلامت آبخیز داشت. نتایج حاصل از پژوهش حاضر به‌سبب فراهم آوردن پیش‌نیاز اساسی برای بررسی دیدگاه‌ها و مطالعه نظام‌مند آینده‌های جایگزین بهینه با احتمال توفیق بالا و به‌منظور کمک به مردم به‌عنوان مرکز تمام تصمیم‌های مدیریتی در انتخاب و خلق آینده مطلوب کاربرد دارد.

واژه‌های کلیدی: آبخیزهای سالم، بوم‌سازگان، حفاظت خاک و آب، سلامت زمین، مدیریت جامع حوزه آبخیز

مقدمه

بارندگی مهم‌ترین منبع طبیعی آب محسوب می‌شود. به‌طور کلی سه حالت برای آب باران در اثر وقوع بارندگی متصور است. در حالت اول آب باران به‌سرعت تبخیر می‌شود. در حالت دوم آب به درون خاک نفوذ پیدا می‌کند و در حالت سوم آب باران در سطح زمین جاری شده و به رواناب سطحی تبدیل می‌شود. از لحاظ مدیریتی منطق حکم می‌کند که خللی در شکل طبیعی دو فرآیند اول صورت نگیرد و به چرخه طبیعی هیدرولوژیکی آسیبی وارد نشود. زیرا با تبخیر طبیعی آب چرخه شکل‌گیری باران به حالت طبیعی خود ادامه می‌دهد. همچنین برای تقویت سفره‌های آب زیرزمینی و نیز استحکام و قابلیت بهره‌وری خاک، حفظ حالت دوم نیز ضروری است و در بسیاری از مواقع جزء شاخص‌های کیفی سلامت خاک در نظر گرفته می‌شود. اما در حالت سوم درصد قابل توجهی از بارندگی به رواناب یا سیل تبدیل می‌شود. در اثر این فرآیند رواناب سطحی ذرات کوچک خاک را نیز با خود حمل کرده و به مکان‌های دیگر به‌غیر از منطقه مادری منتقل می‌کند و موجب شکل‌گیری فرآیندهای مختلف فرسایش خاک می‌شود (Amha, 2006). کاربرد مؤثر آب ناشی از این رواناب‌ها در قالب مفهوم و روش‌ها و سامانه‌های مختلف سطوح آبیگر باران^۱ محقق می‌شود. در واقع فن‌آوری سامانه‌های استحصال آب و سطوح آبیگر باران هدف دو جانبه‌ای شامل حفظ محیط زیست و تأمین آب مورد نیاز انسان را دنبال می‌کند (Amha, 2006؛ عرب‌خدری و کمالی، ۱۳۸۷؛ پارسامهر و خسروانی، ۱۳۹۶).

از طرفی حوزه آبخیز^۲ به‌عنوان یک واحد اصلی در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌های کلان مملکتی و یکی از ارکان ضروری و غیر قابل اغماض در حفاظت و مدیریت پایدار منابع آب و خاک بایستی مورد توجه قرار گیرد (Sadeghi and Hazbavi, 2017). همچنین اخیراً موضوع سلامت آبخیز^۳ موضوعی نوین در مباحث مدیریت جامع آبخیزها مطرح شده است (Hazbavi و همکاران، ۲۰۱۸ الف و ب؛ Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۹). طی دهه‌های اخیر، اهمیت ارزیابی سلامت و پایداری حوزه آبخیز به‌عنوان پیش‌نیاز آینده پایدار و نیز امنیت انسانی بیش‌تر شناخته شده و مورد توجه قرار گرفته است (Firdaus و همکاران، ۲۰۱۴؛ Hazbavi, 2018 ب). در همین راستا با توجه به پیشرفت روزافزون علم، دانش و فن‌آوری‌های مدیریتی روش‌های مختلفی برای ارزیابی سلامت آبخیز پیشنهاد شده است (Hazbavi, 2018 الف). علی‌رغم ارتباط تنگاتنگ مفهوم سلامت آبخیز و به‌کارگیری سامانه‌های سطوح آبیگر باران هیچ‌گونه مطالعه‌ای در خصوص تبیین این ارتباط و نقش دو جانبه سامانه‌های سطوح آبیگر باران و حفظ سلامت آبخیزها و بوم‌سازگان‌های مختلف ببر یکدیگر یافت نشد و این امر از دیدگاه پژوهش‌گران، متخصصان و برنامه‌ریزان مدیریتی منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی مغفول مانده است. با وجود این، شرط بنیادی برای حفظ اثربخشی سامانه‌های سطوح آبیگر باران اطلاع از وضعیت موجود و آتی مناطق مورد نظر برای اتخاذ سامانه‌های مختلف سطوح آبیگر باران از ابعاد مختلف اقلیمی، خاکی، هیدرولوژیکی و انسانی است که به‌خوبی در مفاهیم سلامت آبخیز و ارزیابی آن مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. همچنین برای اولویت‌بندی مناطق مختلف برای اتخاذ و طراحی هدف‌مند روش‌های مختلف جمع‌آوری باران و اقدامات مدیریتی ارزیابی وضعیت سلامت ضروری است.

بر اساس افق چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور و شاخص‌های ملی و بین‌المللی مدیریت آب و با لحاظ رشد جمعیت، صنعت، فن‌آوری و کشاورزی ایران در خاورمیانه، ایران در وضعیت بحران شدید آبی قرار دارد. به‌نحوی که بر پایه شاخص‌های مزبور نیاز آبی برای ایران حدود ۱۱۰ درصد منابع آبی قابل استحصال تا سال ۲۰۲۵ برآورد شده است (کردوانی و کردپور، ۱۳۹۱). از طرفی در مطالعات خارجی (برای مثال، UNEP, 2009؛ Johnston و Ghimire, 2013؛ Lee و همکاران، 2016؛ Campisano و همکاران، 2017) و داخلی (برای مثال، عرب‌خدری و کمالی، ۱۳۸۷؛ عباسی و همکاران، ۱۳۹۰؛ حسینی و همکاران، ۱۳۹۴؛ صادق‌زاده ریحان و همکاران، ۱۳۹۶) به اثربخشی مثبت، کم‌هزینه و ساده طرح‌های مختلف ذخیره باران و استحصال آب به‌خوبی اشاره شده است. بنابراین می‌توان از این روش‌ها به‌عنوان گذرگاهی حیاتی برای تأمین آب ضروری و تقلیل شدت بحران آب کشور یاد نمود. بنابراین در پژوهش حاضر به تبیین ضرورت، تحلیل نقش و جایگاه مفهوم سلامت آبخیز در آینده‌پژوهی^۴ سامانه‌های آبیگر باران به‌صورت موردی در حوزه آبخیز خشک و نیمه خشک شازند واقع در استان مرکزی پرداخته شده است.

1 Rainwater Harvesting Systems
2 Watershed
3 Watershed Health
4 Futures Studies

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر با هدف اصلی برقراری ارتباط بین وضعیت سلامت آبخیز شازند و امکان‌سنجی استفاده از سامانه‌های مختلف سطوح آبخیز باران در ارتقای وضعیت سلامت آبخیز مذکور انجام شد. حوزه آبخیز شازند یکی از زیرآبخیزهای دریاچه نمک واقع در استان مرکزی و دارای مساحت ۱۷۴۰ کیلومتر مربع و ۲۴ زیرآبخیز است. دبی متوسط رودخانه خروجی آبخیز برابر با ۳/۸۶ متر مکعب ببر ثانیه می‌باشد (داودی‌راد، ۱۳۹۶). سلامت هر کدام از زیرآبخیزها و کل حوزه آبخیز بر اساس کاربست مدل مفهومی فشار-حالت-پاسخ (PSR) ارزیابی شد. برای این منظور، معیارهای مختلفی از میان عوامل اقلیمی، انسانی و هیدرولوژیکی به شرح جدول ۱ انتخاب شدند. سپس پس از کسب اطلاعات پایه و تهیه نقشه‌های مورد نیاز برای سال ۱۳۹۳ و محاسبه هر کدام از آنها، استانداردسازی لازم صورت پذیرفت و مدل برای آبخیز شازند تبیین شد (Hazbavi و Sadeghi، ۲۰۱۷؛ Hazbavi و همکاران، ۲۰۱۸ الف و ب؛ Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۹).

جدول ۱- فهرست معیارهای مورد استفاده در مدل مفهومی PSR

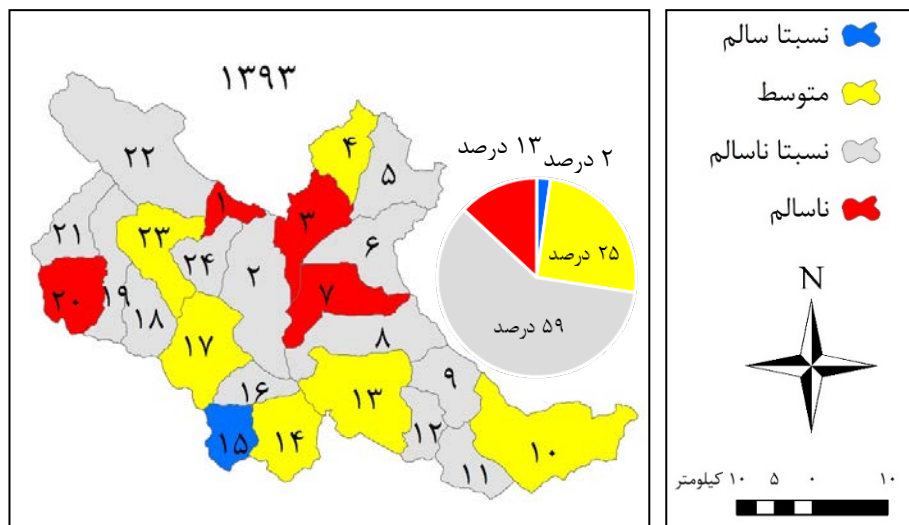
شاخص	عامل	معیار
فشار	اقلیمی	بارندگی متوسط سالانه (میلی‌متر)
		تبخیر و تعرق سالانه (میلی‌متر)
	انسانی	تراکم جمعیت (نفر بر کیلومتر مربع)
مساحت زمین کشاورزی با شیب بالای ۲۵ درصد (کیلومتر مربع)		
میزان دخالت‌های انسانی (بدون واحد)		
حالت	هیدرولوژیکی	شیب اراضی مشارکت‌کننده در تولید رواناب (درصد)
	اقلیمی	نسبت بارندگی به تبخیر و تعرق سالانه (بدون واحد)
پاسخ	انسانی	تنوع سیمای سرزمین (بدون واحد)
		شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده ^۲ (NDVI) (بدون واحد)
	هیدرولوژیکی	نسبت مساحت اراضی مشارکت‌کننده در تولید رواناب به مساحت کل (بدون واحد)
پاسخ	انسانی	میزان اراضی مرتعی (درصد)
		تکه‌تکه شدن سیمای سرزمین (بدون واحد)
		شدت تخریب خاک (بدون واحد)
	هیدرولوژیکی	نسبت مساحت با ضریب رواناب بالاتر از دبی مشخصه پرابی به مساحت با ضریب رواناب پایین‌تر از دبی مشخصه کم‌آبی (بدون واحد)
		تراکم آبراهه (کیلومتر بر کیلومتر مربع)

نتایج و بحث

در شکل ۱ نتایج حاصل از ارزیابی سلامت آبخیز شازند با استفاده از مدل مفهومی PSR مربوط به سال ۱۳۹۳ نشان داده شده است. توزیع طبقات سلامت آبخیز شازند به نحوی به دست آمد که بخش عمده‌ای از آبخیز (۵۹ درصد) در وضعیت نسبتاً ناسالم قرار گرفت. سپس ۲۵ درصد از آن در وضعیت متوسط و ۱۳ درصد در وضعیت ناسالم و فقط دو درصد از آبخیز شازند در وضعیت نسبتاً سالم دسته‌بندی شد.

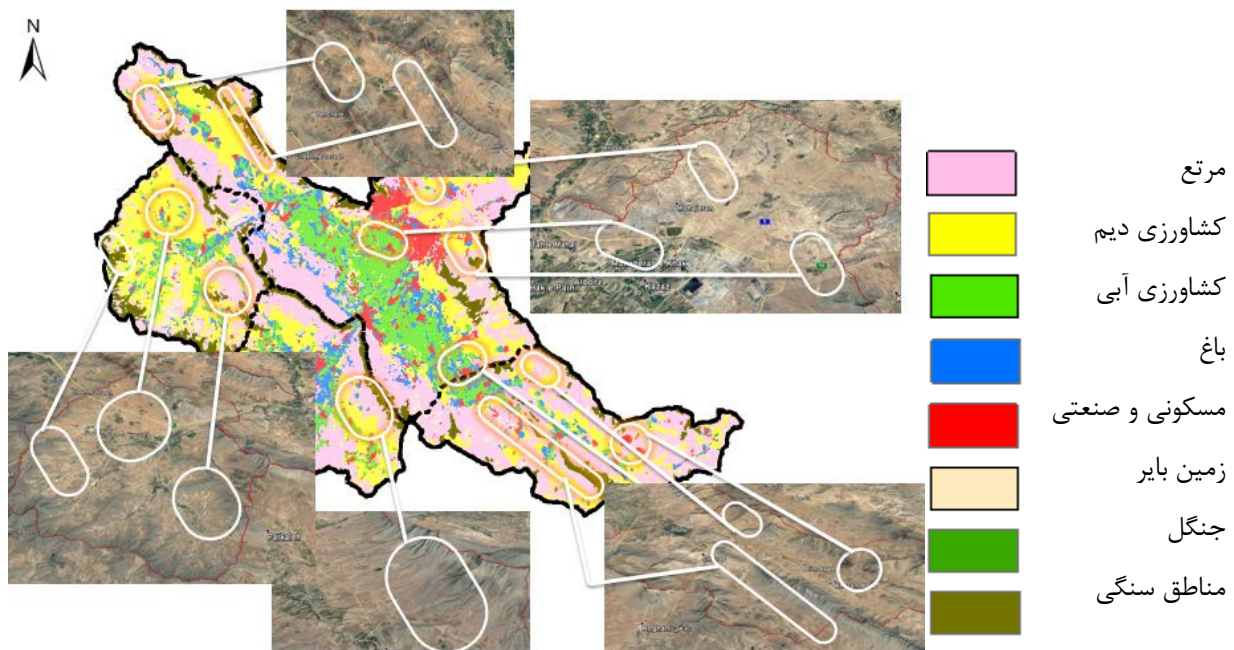
1 Environmental Sensitive Area Index (ESAI)

2 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)



شکل ۱- وضعیت سلامت زیرآبخیزهای شازند (۱ تا ۲۴) در سال ۱۳۹۳ بر اساس مدل مفهومی PSR

در مطالعات آینده‌نگاری استان مرکزی و ترسیم سازمان فضایی مطلوب شهرستان شازند نیز بر توسعه کشاورزی نوین و پیشرفته تأکید شده است (داودی‌راد، ۱۳۹۶). بر همین اساس، در مناطق مسکونی و به‌خصوص صنعتی که عمدتاً در وضعیت ناسالم و بی‌نسبتاً ناسالم قرار دارند، بهترین اقدامات مدیریتی^۱ (BMPs) مهم‌ترین رویکرد قابل استفاده در این مناطق است که از جمله می‌توان به روش‌های مختلف افزایش نفوذ جریان‌های سطحی و آب باران، ایجاد کمرندهای سبز و جنگل‌های دست کاشت با گیاهان بومی و سازگار به منطقه و با کم‌ترین نیاز آبی اشاره نمود. از این‌رو استفاده از سامانه‌های سطوح آبخیز بباران با توجه به وضعیت نامناسب خشک‌سالی در برخی از زیرحوزه‌های آبخیز شازند به‌ویژه از لحاظ هیدرولوژیکی در زیرحوزه‌های آبخیز واقع در مناطق نزدیک مسکونی و کشاورزی و از طرفی نیاز مبرم به تأمین منابع آب شهری و کشاورزی پیشنهاد می‌شود. هم‌چنین تصاویر ماهواره‌ای از وضعیت کاربری‌های اراضی حوزه آبخیز شازند و مناطق بحرانی از لحاظ تخریب زمین (داودی‌راد، ۱۳۹۶؛ صادقی و همکاران، ۱۳۹۶) در شکل ۲ ارائه شده است. بنابراین برای اتخاذ هر کدام از روش‌های جمع‌آوری آب باران، لحاظ شرایط حاکم بر آبخیز ضروری است.



شکل ۲- نمایی از توزیع کاربری‌های زمین و تصاویر ماهواره‌ای از حوزه آبخیز شازند (داودی‌راد، ۱۳۹۶)

^۱ Best Management Practices (BMPs)

در تایید اهمیت پژوهش حاضر فن‌آوری سامانه‌های سطوح آبیگر باران به‌ویژه در زمین‌های زراعی به‌عنوان سازه‌های سبز^۱ و یکی از بهترین اقدامات مدیریتی (BMPs) توسط سازمان محیط زیست^۲ (EPA) مطرح شده است. هم‌چنین با مطالعه اجمالی روش‌های مختلف سامانه‌های سطوح آبیگر باران (ممیزی دانش بومی استحصال آب در اییران، ۱۳۹۲؛ Lee و همکاران، ۲۰۱۶) شامل آب‌انبار، بندسار، قنات، کاریز، آب‌بندان، هوتک، خوشاب، پیشنهادهای زیر برای ارتقای سلامت و طبعاً مدیریت آبی آبخیز شازند و با رویکرد حفظ منابع آب و خاک ارائه می‌شود.

- تأمین آب از طریق سامانه‌های استحصال آب در مناطق با پوشش گیاهی تخریب شده و با هدف تقویت پوشش گیاهی
- استفاده از سامانه‌های استحصال آب در مناطق با عدم دسترسی به آب‌های دائمی یا چشمه‌های آب و یا بهره‌برداری غیراقتصادی
- کاربست روش‌های استحصال آب حافل مورد نیاز برای توسعه کشاورزی در مناطق با توزیع نامناسب زمانی و مکانی بارندگی
- استفاده از سامانه‌های استحصال آب در دیم‌زارهای کم بازده و بهبود تولید محصول
- استفاده از فنون استحصال آب در مناطق چرا و عدم کفایت آب برای افزایش بهره‌وری تولید پروتئین

در پژوهش حاضر برای کمی‌سازی اثرات سامانه‌های استحصال باران بر سلامت آبخیز به‌عنوان نمونه فقط به روش چاله و چوله‌کنی^۳ اکتفا شده است. طبق اظهارات حسینی و همکاران (۱۳۹۴) روش چاله و چوله‌کنی به‌سبب نیاز به صرف هزینه اجرای کم و نیز ایجاد کم‌ترین اختلال در خاک سطحی و فرسایش کم خاک نسبت به سایر روش‌های مکانیکی استحصال آب باران در اولویت قرار دارد. هم‌چنین با فرض افزایش حدود ۲۰ درصدی پوشش گیاهی در مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله شرایط مشابه حوزه آبخیز شازند در اثر اجرای چاله و چوله‌کنی نتایج نشان داد که وضعیت سلامت آبخیز شازند بر اساس مدل‌سازی PSR می‌تواند ارتقا یابد. از بین معیارهای مورد استفاده در مدل مفهومی PSR برای ارزیابی سلامت آبخیز شازند فرض شد که معیار ESAI از مجموعه عامل فشار، معیار NDVI از مجموعه عامل حالت و معیار شدت تخریب خاک مبتنی بر روش دفتر مدیریت اراضی امریکا (USBLM)^۴ از مجموعه عامل پاسخ می‌توانند نسبت به تغییرات حاصل از احداث چاله و چوله‌کنی حساسیت بیش‌تری نشان دهند. با لحاظ این فرض پنج سناریو برای پوشش گیاهی با تغییرات ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد لحاظ شد. بر همین اساس، تغییرات سه معیار ESAI، NDVI و شدت تخریب خاک وابسته در ارتباط با پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گرفت. بنابراین با یافتن روابط حاکم بر مقدار تغییر پوشش گیاهی و معیارهای ESAI، NDVI و شدت تخریب خاک (Purevdorj و همکاران، ۱۹۹۸؛ Eshghizadeh و همکاران، ۲۰۱۶؛ صادقی و همکاران، ۱۳۹۶) میزان تغییرات آن‌ها به‌شرح جدول ۲ برآورد شد. سپس وضعیت سلامت آبخیز در اثر کاربرد چاله و چوله‌کنی به‌عنوان نمونه‌ای از سامانه‌های استحصال آب در حالت‌های شرح داده شده در جدول ۲ مورد تحلیل قرار گرفت.

جدول ۲- درصد تغییرات معیارهای ESAI، NDVI و شدت تخریب خاک در اثر اتخاذ سامانه‌های استحصال آب در سناریوهای مختلف مطالعاتی

افزایش پوشش گیاهی (درصد) نسبت به حالت موجود در سال ۱۳۹۳					سناریو	معیار
۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰		
-۶	-۶	-۶	-۶	-۶	ESAI	
+۵۸	+۵۵	+۵۱	+۴۶	+۳۸	NDVI	
-۴۸	-۴۴	-۳۸	-۳۲	-۲۴	شدت تخریب خاک	

نتایج حاصل از تحلیل سناریوها نشان داد که میزان سلامت آبخیز در اثر کاربرد سناریوهای اول، چهارم و پنجم تغییر قابل توجهی (۱/۱۱ درصد) از لحاظ سلامت کلی آبخیز به‌سبب تأثیر کم بر تغییر معیارها (سناریوی اول) و نیز حد بی‌الایی منظور شده برای معیارهای مطالعاتی (سناریوهای چهارم و پنجم) و هم‌چنین استفاده از میانگین هندسی در محاسبه شاخص سلامت نداشته است. در حالی که در خصوص کاربرد سناریوهای دوم و سوم بهبود نسبی خوبی صورت گرفته است. هم‌چنین سناریوی دوم به‌عنوان سناریوی بهینه مدیریتی در صورت اتخاذ سامانه‌های سطوح آبیگر باران و تأمین تغییرات مزبور در جدول ۲ معرفی شد. بر همین اساس می‌توان

1 Green Infrastructures

2 Environmental Protection Agency (EPA)

3 Pitting

4 US Bureau of Land Reclamation (USBLM)

تغییرات سلامت آبخیز در سناریوهای دوم و سوم در سطح زیرحوزه‌های آبخیز شازند در جدول ۳ ارائه شده است. بیش‌تترین تغییرپذیری در سلامت در زیرآبخیزهای ۹ (۵۰ درصد) و ۱۲ (۲۹ درصد) به‌ترتیب در سناریوهای دوم و سوم حاصل شده است. ببر همین استناد میزان افزایش سلامت تمام حوزه آبخیز شازند در اثر ارتقای ۱۵ و ۲۰ درصدی در وضعیت پوشش گیاهی به‌ترتیب حدود ۱۲ و شش درصد برآورد شده است که طبیعتاً پیامدهای سودمندی در راستای حفاظت از منابع پایه آبخیز مورد مطالعه را به‌همراه خواهد داشت.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که مفهوم و ابزارهای پایه سلامت آبخیز و طرح‌ها و سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب با هم ارتباط دو سویه دارند. بدین‌صورت که با کسب شناخت از هشدارهای اولیه تخریب محیط‌زیست از طریق ارزیابی سلامت آبخیز مبنایی ضروری برای اتخاذ راه‌کارهای صحیح و نظام‌مند سامانه‌های آبیگر باران محسوب می‌شود. هم‌چنین از طرفی دیگر با استفاده و تبیین اصولی سامانه‌های سطوح آبیگر باران در حوزه‌های آبخیز دارای سطوح مختلف سلامت می‌توان به هدف غایی سلامت و پایداری آبخیز به‌آسانی دست پیدا کرد. برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود که اثر سناریوهای کاربرد سامانه‌های مختلف سطوح آبیگر باران ببر سلامت و پایداری حوزه‌های آبخیز مدل‌سازی شود تا به الگوی مدونی برای اتخاذ روش‌های مناسب مدیریتی در راستای اهداف طرح کلان ملی مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز کشور دست یافت.

جدول ۳- درصد تغییرات وضعیت سلامت زیرآبخیزهای شازند در حالت سناریوهای بهینه حاصل از کاربست سامانه چاله و چوله‌کنی

میزان تغییر (درصد) سلامت آبخیز در سناریوهای برتر	زیرآبخیز	
	دوم	سوم
۱	۰/۰۰	۰/۰۰
۲	۰/۰۰	۱/۴۸
۳	۰/۰۰	۰/۰۰
۴	۰/۰۰	۱۳/۶۰
۵	۰/۸۵	۲۱/۳۱
۶	۲۰/۵۸	۱۲/۲۸
۷	۶/۸۸	۱/۲۸
۸	۳۰/۹۲	۱/۴۰
۹	۵۰/۱۰	۵/۲۰
۱۰	۳۳/۰۳	۶/۳۶
۱۱	۴۶/۸۹	۵/۷۷
۱۲	۴۴/۸۷	۲۹/۰۶
۱۳	۲۲/۵۶	۲/۰۵
۱۴	۰/۰۰	۳/۲۶
۱۵	۰/۰۰	۱/۸۷
۱۶	۰/۰۰	۱/۸۷
۱۷	۵/۵۵	۲/۷۴
۱۸	۰/۰۰	۵/۴۹
۱۹	۰/۰۰	۴/۴۶
۲۰	۰/۰۰	۵/۱۶
۲۱	۰/۰۰	۹/۷۰
۲۲	۰/۷۱	۴/۴۶
۲۳	۷/۱۲	۴/۳۵
۲۴	۲۹/۳۶	۲/۲۴

منابع

- پارسامهر، ا.ح. و ز. خسروانی. ۱۳۹۶. بررسی پتانسیل استحصال آب باران از سطوح بام ساختمان‌ها و ارزیابی اقتصادی آن (مطالعه موردی: دانشگاه فسا). سامانه‌های سطوح آبیگر باران (۳۵): ۱-۸.
- داودی‌راد، ع.ا. ۱۳۹۶. مدیریت سازگار مبتنی بر رویکرد بیلان صفر تخریب زمین در حوزه آبخیز شازند- استان مرکزی. رساله دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۴۲ صفحه.
- حسینی، س.ق.ا.، ر. احمدی، و. و. باقری. ۱۳۹۴. ارزیابی تأثیر اجرای عملیات سطوح آبیگر باران بر وضعیت مراتع (مطالعه موردی: مراتع خشک و نیمه خشک منطقه دهلران). سامانه‌های سطوح آبیگر باران، (۱)۳: ۵۷-۶۴.
- صادق‌زاده ریحان، م.ا.، ج. یاراحمدی، ک. مهرورز و د. نیک‌نژاد. ۱۳۹۶. تأثیر سامانه‌های سطوح آبیگر باران در افزایش رطوبت خاک و رشد نهال سنجد در عون بن تبریز. سامانه‌های سطوح آبیگر باران، (۱۴)۵: ۱۹-۲۸.
- صادقی، س.ح.ر.، ع.ا. داودی‌راد، ا. سعدالدین و ش. پایمزد. ۱۳۹۶. روند تغییرات شاخص تخریب زمین در حوزه آبخیز شازند، استان مرکزی. مهندسی و مدیریت آبخیز. (۴)۹: ۳۸۳-۳۹۷.
- عباسی، ا.، ح. توکلی و م. عرب‌خدری. ۱۳۹۰. بررسی مشکلات و توصیه‌های فنی برای اصلاح بندسارها. نشریه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی.
- عرب‌خدری، م. و ک. کمالی. ۱۳۸۷. روش‌های سنتی حفاظت خاک و آب در ایران. مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، وزارت جهاد کشاورزی.
- کردوانی، پ. و ب. کردپور. ۱۳۹۱. استفاده بهینه از منابع آبی در ناحیه اورامانات (ذخیره باران). فصلنامه جغرافیایی سرزمین، (۳۵)۹: ۱-۱۶.
- ممیزی دانش بومی استحصال آب در ایران. ۱۳۹۲. دوره چهارم طرح ممیزی توسعه علوم. معاونت علمی و فناوری، ۱/۱۳۹۲/۱۶۸، صفحه.
- Amha, R. 2006. Impact Assessment of Rainwater Harvesting Ponds: The Case of Alaba Woreda, Ethiopia. Thesis, Faculty of Business and Economics, Addis Ababa University, December 2006, 149 p.
- Campisano, A., D. Butler, S. Ward, M.J. Burns, E. Friedler, K. Debusk, L. N. Fisher-Jeffes, E. Ghisi, A. Rahman, H. Furumai and M. Han. 2017. Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water Research*, 115: 195-209.
- Eshghizadeh, M., A. Talebi, M.T. Dastorani and H.R. Azimzadeh. 2016. Effect of natural land covers on runoff and soil loss at the hill-slope scale. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 2(2): 125-134.
- Firdaus, R., N. Nakagoshi and A. Idris. 2014. Sustainability assessment of humid tropical watershed: A Case of Batang Merao Watershed, Indonesia, *Procedia Environmental Sciences*, 20: 722-731.
- Ghimire, S. R. and J. M. Johnston, 2013. Impacts of domestic and agricultural rainwater harvesting systems on watershed hydrology : A case study in the Albemarle-Pamlico river basins (USA). *Ecohydrology & Hydrobiology*, 13: 159-171.
- Hazbavi, Z. 2018a. Necessity to pay more attention to watershed health assessment. *World Association of Soil and Water Conservation Hot News*, Issue 04, 2018. 9-11.
- Hazbavi, Z. 2018b. Importance of geology and geomorphology in watershed health assessment. *Agriculture & Forestry*, 64 (4): 277-287.
- Hazbavi, Z., B. Jantiene, J.P. Nunes, S.D. Keesstra and S.H.R. Sadeghi. 2018a. Changeability of reliability, resilience and vulnerability indicators with respect to drought patterns, *Ecological Indicators*, 87: 196-208.
- Hazbavi, Z., S.D. Keesstra, J.P. Nunes, B. Jantiene, M. Gholamalifard and Sadeghi, S.H.R. 2018b. Health comparative comprehensive assessment of watersheds with different climates. *Ecological Indicators*, 93: 781-790.
- Hazbavi, Z. and S.H.R., Sadeghi. 2017. Watershed health characterization using reliability- resilience-vulnerability conceptual framework based on hydrological responses. *Land Degradation and Development*, 28: 1528-1537.
- Lee, J.G., C. Fisher and B. Schumacher. 2016. Arid green infrastructure for water control and conservation: State of the science and research needs for arid/semi-arid regions. (EPA/600/R-16/146). <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.29748.04480>
- Purevdorj, TS., R. Tateishi, T. Ishiyama and Y. Honda. 1998. Relationships between percent vegetation cover and vegetation indices. *International Journal of Remote Sensing*, 19(18): 3519-3535.
- Sadeghi, S.H.R. and Z. Hazbavi. 2017. Spatiotemporal variation of watershed health propensity through reliability-resilience-vulnerability based drought index (case study: Shazand Watershed in Iran). *Science of the Total Environment*, 587-588: 168-176.
- Sadeghi, S.H.R., Z. Hazbavi and M. Gholamalifard. 2019. Interactive impacts of climatic, hydrologic and anthropogenic activities on watershed health, *Science of the Total Environment*, 648: 880-893.
- UNEP. 2009. Rainwater harvesting: a lifeline for human well-being. A report prepared for UNEP by Stockholm Environment Institute. 80 p.