مجله نخبگان علوم و مهندسی
Journal of Science and Engineering Elites
جلد ۵- شماره ۲- سال ۱۳۹۹
www.ElitesJournal.ir

بررسی بعضی تجربیات در پخش سیلاب به عنوان روشی موثر در استفاده از آبهای نابهنگام

ریحانه نکوئی[۱]، سعید جمالی[۲]، محمدمهدی آقایی[۳]، امیررضا زراتی[۴*]

۱- دانشجو، کارشناسی ارشد مهندسی آب و سازه های هیدرولیکی، گروه آب و محیط زیست، دانشکده عمران دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۲- استادیار، گروه آب، دانشکده عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

۳- دانشجو، دکتری مهندسی آب، گروه مهندسی آب و محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف

۴- استاد، گروه مهندسی آب و محیط زیست، دانشکده عمران دانشگاه صنعتی امیرکبیر

* zarrati@aut.ac.ir

ارسال: فروردین ماه ۹۹ پذیرش: خرداد ماه ۹۹

چکیده

بخش عمده ای از کشور ایران، اقلیم های خشک و نیمه خشک دارد و مشکل آب همواره در بسیاری از مناطق کشور وجود داشته است. درسال های اخیر با افزایش جمعیت و توسعه کشاورزی و صنعت، این چالش ابعاد گسترده تری به خود گرفته و به همین روی مهار آب و توسعه منابع آبی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. احداث سد به عنوان یکی از راه‌های اساسی کنترل سیلاب به شمار می‌رود. با اینکه احداث اصولی سدها خسارات انسانی و مالی ناشی از وقوع سیلاب‌ها را به حداقل رسانده، اما سدها با مشکلات زیست محیطی روبرو هستند. از طرفی ذخیره آب سیلاب در آبخوان از حیث حفظ کیفیت آب بسیار مناسب است، مسایل زیست محیطی کمی دارد و عمر بهره برداری از آن هم بسیار زیاد است. در حال حاضر برای اســتحصال آب با اهداف مورد نظر در ایران، از روشــهای مختلف تغذیه مصنوعی از جمله پخش سیلاب در آبخوانها اســتفاده می شود. از نتایج اجرایی شبکه های پخش سیلاب علاوه بر کاهش خسارات ناشی از سیل می توان به تغذیه سفره های آب زیرزمینی، بهبود پوشش گیاهی، بهبود کیفیت آب آبخوان، کنترل فرسایش خاک و احیای مراتع اشاره کرد. مطالعه حاضر با هدف بررسی و تحلیل نتایج کمی و کیفی حاصل از اجرای این طرحها در کشور و نهایتا رفع نقاط ضعف سیستم های موجود و بهره گیری از فرصت های تغذیه مدیریت شده آبخوان به عنوان روشی مناسب برای ذخیره آب انجام شده است.

کلمات کلیدی: تغذیه آبخوان، تغذیه مصنوعی، تغذیه مدیریت شده آبخوان، ذخیره سیلاب، پخش سیلاب.

۱- مقدمه

پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارش ها در مناطق خشک و نیمه خشک، علاوه بر ایجاد سیلاب های مخرب موجب هدر رفتن پخش عظیمی از رواناب های سطحی می شود. مطالعات نشان می دهند که حدود ۲۰ درصد از کل حجم بارش سالانه کشور، قابل

استفاده به صورت آب های سطحی و زیرزمینی هستند و مابقی آنها به صورت سیلاب های ناگهانی از دسترس خارج می شوند و وارد دریاها می شوند[۱]. لذا مشکلات ناشی از بروز خشکسالی ها از یک سو و سیلاب های مخرب از سوی دیگر، لزوم مهار رواناب های سطحی و بهره برداری مناسب از آنها را در مناطق خشک و نیمه خشک نمایان می سازد. تغذیه مصنوعی آبخوان ها به عنوان راهبردی موثر در تقویت و توسعه منابع آب زیرزمینی و به هنگام کردن جریان های سطحی به شمار می آید. تغذیه مصنوعی به عنوان روشی برای وارد کردن آب به داخل یک سازند نفوذپذیر به منظور استفاده مجدد از آن با رژیم و کیفیتی متفاوت تعریف می شود[۲]. از مزایای عمده این روش ذخیره سازی این است که می توان آن را در یک مخزن بسیار وسیع برای سال های متمادی و با تلفات تبخیر ناچیز ذخیره کرد و در سال های خشکسالی به عنوان یک منبع اضافی تامین آب از آن استفاده کرد. همچنین می توان به مواردی همچون: ثبات معیشتی، افزایش تولیدات کشاورزی، به تعادل رسانیدن وضعیت آبخوان ها در دشت های با بیلان منفی، مقابله با پدیده هجوم آبهای شور، جلوگیری از پدیده نشست زمین، بهبود کیفیت آبهای زیرزمینی و حفظ محیط زیست و اکوسیستم های وابسته به آبهای زیرزمینی نیز اشاره کرد[۳-۵]. امروزه بر مفهوم جدیدی به نام تغذیه مدیریت شده آبخوان [1](MAR) که عبارت است از واردن کردن هدفمند آب به آبخوانها برای استفاده مجدد یا بهره برداری زیست محیطی از آن تاکید می شود[۶].

اصولا موفقیت یک طرح تغذیه مصنوعی در تامین اهداف مورد نظر مستلزم انتخاب درست، طراحی بهینه و اجرای دقیق آن است. لذا شناخت فرصت ها و ارزیابی دقیق کارایی این سیستم ها از جنبه های مختلف امری ضروری است. به همین جهت در این مطالعه به بررسی سوابق و روش های مختلف تغذیه مصنوعی با تاکید بر پخش سیلاب پرداخته می شود.

۲- عناصر اصلی پروژه های تغذیه مصنوعی

شش عنصر اصلی در پروژه های تغذیه مصنوعی عبارتند از: منابع آب، تصفیه آب تغذیه، محل تغذیه، استخراج آب و استفاده نهایی از آب استحصال شده.

۳- طرح های تغذیه مصنوعی در ایران

به طور کلی می توان سه دسته بندی عمده برای تغذیه مصنوعی متصور شد: ۱) نفوذ آب از طریق بستر رودخانه ها ۲) نفوذ آب به داخل زمین از طریق سطح آن ۳) تزریق آب به داخل سفره از طریق چاه ها[۷]. در ایران طرح های تغذیه مصنوعی، بیش از چهل سال است که به روش های مختلف اجرا می شود و قریب به دو دهه است که تمرکز اجرای آنها به روش پخش سیلاب بوده است[۸]. این روش حدود ۶۱ درصد از این طرح ها را به خود اختصاص می دهد. همچنین، ۲۹ در صد از بستر طبیعی رودخانه و ۶ درصد از طریق چاه تغذیه می شوند و بقیه نامشخص و یا ترکیبی است[۹].

بررسی سوابق ۲۷۷ طرح تغذیه مصنوعی (جدول (۱))، در کشور نشان می دهد که بیش ترین اثر گذاری و موفقیت طرح های تغذیه مصنوعی اجرا شده در کشور در زمینه بهبود کیفیت آب آبخوان ها بوده است. همچنین نکته قابل تامل دیگر این است که در اغلب موارد، مطالعات اثرات زیست محیطی این طرح ها نادیده گرفته شده و در موارد محدودی، تنها بر مشاهدات کیفی اکتفا شده است. لذا مطالعات زیست محیطی دارای نقایص قابل توجهی است[۱۰].

جدول ۱- برخی ویژگی ها و اثرات طرح های تغذیه مصنوعی کشور به تفکیک مناطق [۱۰]

شرکت آب منطقه ای	تعداد طرح	مراحل طرح			اثرات تغذیه مصنوعی		
		اجرا	بهره برداری	سایر	بر آبخوان		بر محیط زیست
					بهبود کمی	بهبود کیفی	
مازندارن	۱۰	۲	۸	۰	۸	۶	بهبود پوشش گیاهی
اراک	۱۰	۴	۶	۰	۲	۱۰	فاقد مطالعه
کرمان	۶	۳۲	۲	۲	۰	۰	فاقد مطالعه
آذربایجان غربی	۲	۱	۱	۰	۰	۲	فاقد مطالعه

[1] Managed Aquifer Recharge

غرب	۶	۲	۰	۴	۰	۰	فاقد مطالعه
خراسان شمالی	۲	۱	۰	۱	۰	۱	فاقد مطالعه
آذربایجان شرقی	۱۶	۱	۶	۹	۵	۵	فاقد اثر
اصفهان	۱۶	۰	۱۶	۰	۹	۱۶	بهبود زیستگاه جانوری
چهارمحال	۱	۰	۱	۰	۰	۱	فاقد اثر
زنجان	۱۳	۳	۹	۱	۱۲	۱۲	بهبود زیستگاه جانوری
هرمزگان	۱۹	۱	۱۴	۴	۲	۱۳	بهبود پوشش گیاهی
سیستان و بلوچستان	۲۳	۲	۱۶	۵	۱۹	۱۹	بهبود زیستگاه جانوری
خراسان جنوبی	۹	۲	۵	۲	۵	۹	بهبود پوشش گیاهی
همدان	۷	۰	۲	۵	۱	۷	فاقد اثر
خراسان رضوی	۲۴	۱	۲۳	۰	۰	۲	فاقد مطالعه
یزد	۲۱	۰	۲۱	۰	۱۰	۲۰	فاقد مطالعه
تهران، سمنان	۱۹	۰	۳	۱۶	۳	۷	فاقد مطالعه
فارس، بوشهر، کهگیلویه	۷۳	۱۵	۵۸	۰	۲۰	۷۰	بهبود پوشش گیاهی
مجموع	۲۷۷	۳۷	۱۹۱	۴۹	۹۶	۲۰۰	

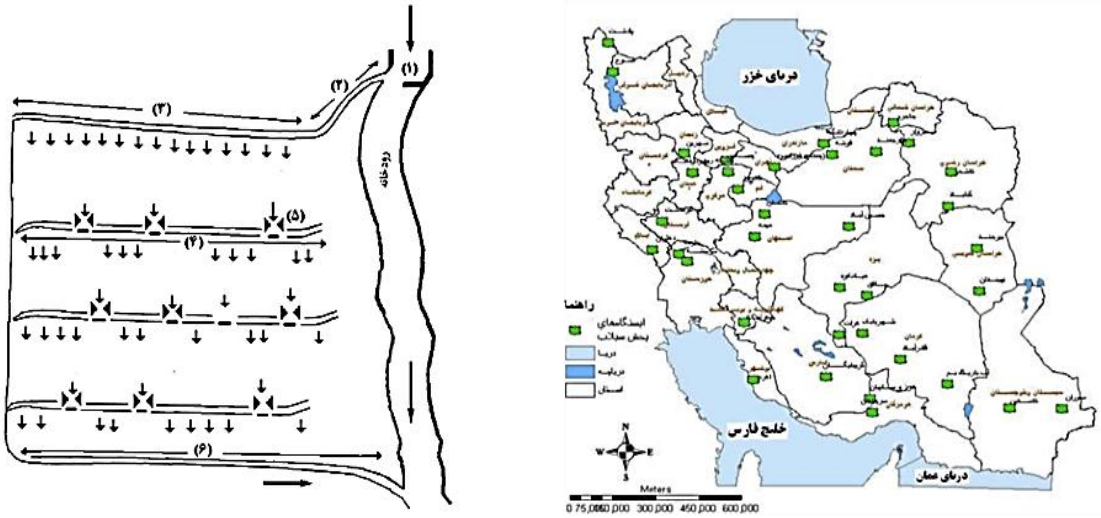
۳-۱- تغذیه مصنوعی از طریق چاه

در سیستم های تغذیه مدیریت شده آبخوان به وسیله چاه، آب مستقیما به درون آبخوان هدایت می شود. این روش بدون تخریب زمین بوده و اثری بر کاربری زمین نخواهد داشت لذا کاربرد آن در مناطقی که ارزش اقتصادی زمین زیاد باشد دارای اهمیت خواهد بود[۳،۵]. دو مشکل اساسی که ممکن است در این سیستم رخ دهد گرفتگی منافذ و آلودگی آب زیرزمینی به دلیل تزریق آب آلوده است که نهایتا منجر به کاهش نرخ تغذیه به شکل قابل توجهی خواهد شد[۱۱-۱۲]. از آنجایی که پدیده انسداد در نتیجه ترکیبی از فرآیندهای فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی است[۱۳]، لذا آب مورد تغذیه چاه باید قبلا به لحاظ املاح، مواد آلاینده و به خصوص جلبک ها کنترل شود تا از این طریق خطر گرفتگی منافذ چاه و لوله های اسکرین چاه به حداقل برسد[۹]. علاوه بر کیفیت آب عواملی همچون پیش تصفیه، طراحی و بهره برداری چاه و انجام اقداماتی جهت بازگرداندن و احیای آن در عملکرد مناسب چاه های تغذیه موثر خواهند بود[۱۴].

۳-۲- اجزای طرح های پخش سیلاب و مکان یابی آن ها

فن و دانش پخش سیلاب عبارت است از پخش رواناب سطحی و متمرکز کردن سیلاب ها در عرصه های مشخص. این روش کم هزینه ترین روش MAR است. در تغذیه مصنوعی به روش پخش سیلاب، سیلاب رودخانه از طریق مسیل از مسیر اولیه منحرف شده و در امتداد خطوط توپوگرافی با سرعت حداقل در اراضی اطراف و یا منطقه مورد نظر پخش می گردد[۸]. تاکنون ۳۷ پروژه پخش سیلاب در کشور به اجرا گذاشته شده است[۱۵]. شکل شماره ۱ پراکنش سیستم های پخش سیلاب اجرا شده در کشور را نشان می دهد. طبق این شکل هر شبکه پخش سیلاب شامل بخش های زیر است: ۱) دهانه آبگیر، ۲) نهر آبرسان، ۳) نهر آبرسان - گسترشی، ۴) نهرهای گسترشی (پخش سیلاب)، ۵) دروازه ها، ۶) نهر تخلیه آب مازاد. وظیفه دهانه آبگیر، انحراف سیلاب از رود به نهر آبرسان است و در نهایت آب از طریق نهر آبرسان- گسترشی به حوضچه رسوب منتقل می شود. نهر آبرسان انرژی جنبشی سیلاب را کاهش می دهد و طول این کانال بین چندین متر تا چندین کیلومتر بسته به فاصله رود تا سیستم پخش سیلاب متغیر است. از آنجا که نهر آبرسان – گسترشی نخستین بخش شبکه است که در معرض هجوم سیل قرار می گیرد و بیشترین حجم رسوب در آن ته نشین می گردد، ضرورت دارد که در تعیین مسیر، ترازیابی و احداث آنها دقت کافی لحاظ گردد. پس از رسیدن ارتفاع آب به حدی معین، آب از حوضچه رسوب وارد حوضچه نفوذ می شود که تعداد و اندازه این حوضچه ها به دبی سیل، حجم آب منحرف شده، شیب و جنس خاک بستگی دارد[۱۶،۱۸].

یکی از عوامل تعیین کننده در پروژه های پخش سیلاب مکان یابی مناسب است. به منظور کارایی مناسب سیستم، مناطقی با شیب کمتر از ۵ درصد با بارش بیشتر از ۲۰۰ میلی متر در سال و خاکی با هدایت الکتریکی (EC) کمتر از ۶۰۰۰ میکروموس بر سانتی متر و آبخوان با ضخامت بیشتر از ۱۰ متر توصیه شده است[۱۷]. قیومیان و همکارانش در تحقیقی پنج عامل شیب، نرخ نفوذ، قابلیت انتقال، ضخامت آبخوان و کیفیت آب را از عوامل موثر بر مکان یابی مناسب سایت های پخش سیلاب دانستند و این پارامترها را در ۳۶ ایستگاه پخش سیلاب کشور مورد ارزیابی قرار دادند. در این پژوهش، شیب کمتر از ۲ درصد بسیار مناسب و شیب ۲ تا ۳ درصد مناسب درصد اعلام شد و طبق آن ۸۴ درصد ایستگاه ها از این نظر در این دو دسته طبقه بندی شدند. از نظر نرخ نفوذ، ۲۵ تا ۴۵ میلی متر در ساعت و بیشتر از آن، مناسب و بسیار مناسب دانسته شد و تنها در ۱۰ درصد از طرح های اجرا شده مقداری کمتر از این عدد گزارش شد. قابلیت انتقال قابل قبول در این مطالعه بیشتر از ۳۰۰ متر مربع بر روز در نظر گرفته شد که تنها ۱۶ درصد از ایستگاه ها از این نظر نامناسب هستند. ۸۴ درصد از طرح ها دارای ضخامت آبخوان قابل قبول بیشتر از ۱۰ متر هستند هم چنین در تمامی ایستگاه ها EC کمتر از ۶۰۰۰ میکروموس بر سانتی متر گزارش شد[۱۹].



شکل ۱ – پراکنش سیستم های پخش سیلاب اجرا شده [۱۵] و اجزای شبکه پخش سیلاب [۱۶]

۳-۲-۱- یافته ها و دستاوردهای طرح های پخش سیلاب

از سال ۱۳۷۵ با احداث ایستگاه‌های تحقیقاتی، آموزشی و ترویجی پخش‌سیلاب در نقاط مختلف کشور شرایطی فراهم گردیده است که می‌توان آن ها را از جنبه‌های مختلف مانند توسعه منابع خاک و آب را در آنها به صورت‌کمی بررسی‌نمود[۲۰]. در ادامه به بررسی پیامدهای مثبت این طرح ها پرداخته می شود.

۳-۲-۱-۱- کنترل سیلاب

به علت اقلیم حاکم بر مناطق خشک و نیمه خشک، سیلاب هایی که در این مناطق رخ می دهد بسیار مخرب تر از سیلاب هایی است که در مناطق مرطوب اتفاق می افتد[۲۱]. به همین دلیل علاوه بر زیان های جانی، خسارتهای مالی وارده از سیل هر ساله، میلیاردها ریال برآورد می شود. به وسیله پخش سیلابهای کوچک، انحراف و انتقال آن به حوضچه های تغذیه مصنوعی، نه تنها آبخوان تغذیه می شود بلکه می توان مانع از تجمع آنها و تشکیل جریانهای عظیم شد و در نتیجه ویرانی ها و تخریب اراضی حادث از سیل تحقق نمی پذیرد[۲۲]. بر اساس برآورد های انجام شده، ۲.۱ میلیارد متر مکعب سیلاب به همین روش مهار و ۱.۲ میلیارد متر مکعب تغذیه آب های زیرزمینی انجام شده است[۱۵]. در دشت گربایگان، ۱۵۶/۰۲۷۴ میلیون متر مکعب سیلاب طی سال های ۱۳۶۱ تا ۱۳۸۵ به شبکه بازگردانده شد که سیمای دشت و زندگی ساکنان آن را دگرگون ساخت[۲۳]. از دیگر طرح های پخش سیلاب موفق در این زمینه می توان به طرح های پخش سیلاب آبخوان میهم هرستان قروه کردستان[۲۴]، آبخوان کوهدشت در ایستگاه رومشگان لرستان[۲۵]، منطقه جعفرآباد قم[۲۶] و حوضه آبخیز شمال شهر هیدج زنجان[۲۷] اشاره کرد.

آنچه مسلم است مسئله حائز اهمیت در اجرای موفقیت آمیز طرح های آبخیزداری در نظر گرفتن شرایط اجتماعی و مقبولیت این طرح ها است. در همین راستا پژوهشی با هدف بررسی تاثیر طرح های پخش سیلاب در کنترل سیل از دیدگاه روستاییان ساکن در حاشیه این طرح ها و در پنج استان کشور انجام شد. بر اساس نتایج این مطالعه، ۷۸ درصد از مردم پخش سیلاب را در کنترل و کاهش خسارات سیل بر منازل مسکونی و اراضی و باغات در حد زیاد و خیلی زیاد موثر دانسته اند و ۶۹ درصد این طرح ها را در کاهش خسارت سیل به راه های روستایی مفید و مثبت ارزیابی کرده اند[۲۸]. بنابراین به طور کلی نتایج حاکی از رضایت نسبی مردم منطقه اجرای طرح های آبخوان داری است.

۳-۲-۱-۲- وضعیت منابع آب و تغذیه آبخوان ها

تغذیه مصنوعی و اجرای طرحهای پخش سیلاب، در موارد قابل توجهی به افزایش حجم ذخیره آب در آبخوان ها انجامیده است که با توجه به برداشت روزافزون آب از سفره های آب زیرزمینی توانسته است ضمن جبران اضافه برداشت از مخزن به بهبود بیلان مثبت ذخیره مخزن نیز کمک نماید. در همین راستا مطالعه ای جامع در ۳۵ ایستگاه پخش سیلاب منتخب کشور انجام شد. لازم به ذکر است که مدت زمان اجرای این پروژه ها بین ۳ تا ۵ سال متغیر و تعداد دفعات سیل گیری متفاوت بود. نتایج تحقیقات موید این مطلب است که در اکثر ایستگاه ها شاهد بالا آمدن سطح ایستابی و افزایش سطح آب در چاه های پیزومتری و کشاورزی و افزایش دبی قنوات می باشیم[۲۹]. در بعضی مناطق مانند دشت گربایگان، با اینکه شاهد افزایش سطح آب زیرزمینی در نتیجه پخش سیلاب هستیم و این شبکه با کارایی حدود ۵۷ درصد توانسته سیلاب گسترش یافته را به آب زیر زمینی ملحق کند[۳۰]، به واسطه برداشت بی رویه و افزایش چاه های بهره برداری در نهایت سطح ایستابی در ده سال اخیر، چیزی در حدود ۸ متر افت پیدا کرده است[۳۱]. لذا نکته حائز اهمیت، مدیریت بهره برداری آب تغذیه شده است که منجر به موفقیت طرح های پخش سیلاب در افزایش منابع آبی در مناطق خشک و نیمه خشک خواهد شد. در پژوهشی هاشمی و همکاران با استفاده از مدل سازی آب های زیرزمینی در منطقه دشت گربایگان، اقدام به برآورد نرخ مناسب پمپاژ کردند که این مطالعه می تواند به عنوان راهنمایی برای سایر ایستگاه ها مفید واقع شود[۱۸].

۳-۲-۱-۳- گسترش و احیای پوشش گیاهی

با عملیات پخش سیلاب، به علت ته نشینی مواد معلق همراه با سیلاب در رسوبگیرها و خاک سازی در اراضی آبرفتی، شرایط برای رشد و نمو پوشش گیاهی و احیای مراتع فراهم می گردد[۲۳]. لذا احیا و گسترش گیاهان را می توان به عنوان یک پیامد مثبت این طرح ها تلقی کرد. به عنوان مثال، مطالعات در ایستگاه پخش سیلاب گربایگان نشان داده است که میزان پوشش گیاهی در داخل پخش سیلاب بیش از دو برابر آن در خارج پخش سیلاب است[۳۲]. در اکثر نقاط کشور، بهبود پوشش گیاهی در نتیجه پخش سیلاب گزارش شده است که از جمله آنها می توان از عرصه های پخش سیلاب سهرین – قره چریان زنجان[۲۰]، پخش سیلاب آب باریک بم[۳۳]، آبخوان کوثر فارس[۲۳]، آبخوان کوهدشت لرستان[۳۴]، پخش سیلاب سبزوار[۳۵]، مراتع کیاسر ساری[۳۶] و طرح پخش سیلاب منطقه گناباد[۳۷] نام برد. نکته مهمی که باید به آن اشاره کرد این است که سیل گیری مناسب در عرصه منجر به افزایش خصوصیات پوشش گیاهی خواهد شد و بررسی ها نشان می دهد که این تغییرات در ارتباط مستقیم با استحصال سیلاب است[۳۸].

۳-۲-۱-۴- جلوگیری از فرسایش خاک

یک عامل مهم در کنترل فرسایش خاک ناشی از سیلاب و باد، پوشش گیاهی می باشد. توسعه و افزایش پوشش گیاهی که در اثر اجرای طرح های آبخوانداری پدید می آید، موجب کاهش روند حرکت دانه های خاک خواهد شد. از طرفی وجود عناصر ریزدانه نسبتا زیاد که همراه با طرح پخش سیلاب بر بستر زمین گسترده می شود، موجب تثبیت و عدم حرکت دانه‌های خاک می گردد. به عنوان نمونه، پخش رسوبات ریزدانه بر روی بستر درشت دانه مخروط افکنه کاسکین و همچنین افزایش پوشش گیاهی که در اثر اجرای طرح پخش سیلاب در ایستگاه پلدشت پدید آمده در کاهش حرکت دانه های ماسه نقش موثری ایفا کرده است[۳۹]. هم چنین که ته نشینی مواد معلق موجود در سیلاب بر روی آبخوان کوثر موجب تثبیت شن های روان شده است[۲۳].

۳-۲-۱-۵- تغییرات خصوصیات خاک

در شبکه های پخش سیلاب، ورود حجم زیادی از سیلاب که اغلب دارای برخاستگاه متفاوتی است، به مرور زمان سبب تغییراتی در خواص خاک و در نتیجه تاثیر بر فرآیند خاکسازی می شود. لذا نتایج حاصل از پروژه های مختلف و در نقاط متفاوت یکسان نخواهد بود. در خاک های با حاصل خیزی کم و بافت درشت دانه، ذرات معلق موجود در سیلاب ممکن است سبب افزایش حاصل خیزی خاک و بهبود ساختمان خاک شود[۴۰]. اما از طرفی ورود حجم زیادی از سیلاب با برجا گذاشتن رسوبات و نفوذ مواد محلول و ریزدانه می تواند به مرور زمان کارآیی سامانه های پخش سیلاب را تحت تاثیر قرار دهد .

علت تغییر خصوصیات فیزیکی خاک را می توان اینگونه بیان کرد که در اثر ضربات قطرات باران بر سطح خاک، ذرات سیلت به علت نداشتن خاصیت چسبندگی و ذرات رس به علت وزن کم به راحتی از توده خاک کنده می شوند. بنابراین مقادیر زیادی رسوب حاوی رس و سیلت توسط سیلاب انتقال می یابند و افزایش رس، به مرور زمان باعث ایجاد تغییراتی در بافت خاک عرصه های پخش سیلاب می شود[۴۱]. تاکنون مطالعات بسیاری در ارتباط با اثر عملیات پخش سیلاب بر خصوصیات فیزیکی خاک صورت گرفته است و نتایج اکثر تحقیقات حاکی از افزایش مقدار رس و سیلت و کاهش معنی دار در صد شن در خاک عرصه های پخش سیلاب است. به عنوان مثال در ایستگاه قوشه دامغان، درصد شن خاک عرصه نسبت به شاهد ۲ برابر کاهش و درصد سیلت و رس هریک به میزان تقریبا دو برابر افزایش یافته است[۴۲]. آزمایشات انجام شده بر روی ایستگاه پخش سیلاب میانکوه یزد نشان می دهد که بافت خاک در اثر پخش سیلاب از شنی به لومی شنی و شنی تغییر یافت[۴۳]. مطالعه ارزشمند دیگری با هدف بررسی تاثیر سی سال پخش سیلاب بر خصوصیات فیزیکی خاک در عرصه پخش سیلاب ایستگاه کوثر واقع در دشت گربایگان انجام شد. در این پژوهش بعضی از ویژگی های فیزیکی خاک از جمله جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی، تخلخل و ضریب پوکی خاک مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج حاصل از نمونه گیری در شبکه پخش سیلاب حاکی از کاهش معنی دار جرم مخصوص ظاهری و افزایش قابل ملاحظه در صد تخلخل و ضریب پوکی خاک دارند. لذا علاوه بر تغذیه مطلوب آبخوان، افزایش نفوذ پذیری خاک و در نتیجه افزایش تنوع گیاهی و جانوری از نتایج مثبت این تغییرات است[۴۴].

بهبود شاخص های حاصلخیزی و رونق کشاورزی یکی دیگر از نتایج مثبت انجام عملیات پخش سیلاب خواهد بود. در محدوده پخش سیلاب آب باریک بم، مواد آلی و کربن آلی که از مهم ترین منابع حاصل خیزی خاک محسوب می شوند به طور معنی داری افزایش یافته است[۳۳]. در عرصه پخش سیلاب پلدشت آذربایجان غربی مقدار کربن آلی و ازت در طول چهار سال به ترتیب ۱/۲۹ و ۰/۳۴ برابر نسبت به سال اول افزایش یافته است و میانگین ظرفیت تبادل کاتیونی در محل های متاثر از رسوب روند افزایشی داشت که نشان دهنده کارآرایی این سامانه در زمینه رشد گیاه است[۴۵]. در همین راستا می توان به مطالعه ای که در ۱۳ ایستگاه منتخب پخش سیلاب و با نمونه برداری از سه نوار اول عرصه در طول ۵ سال دوره رسوب گذاری انجام شده اشاره کرد. در این پژوهش سه عنصر نیتروژن کل و پتاسیم قابل جذب و عوامل کربن آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی به عنوان شاخص های حاصل خیزی خاک بررسی شدند. نتایج این تحقیق نشان داد که تغییرات شاخص های حاصلخیزی، متاثر از عواملی همچون کمیت و کیفیت سیلاب منحرف شده، وقوع خشکسالی، متفاوت بودن بستر عرصه های پخش و عدم توزیع یکنواخت سیلاب روی عرصه ها است. در مجموع در صورت مناسب بودن مواد معلق موجود در سیلاب، پخش سیلاب باعث بهبود شاخص های حاصل خیزی در خاک سطحی عرصه های پخش سیلاب خواهد شد[۴۶].

با بررسی پروژه های پخش سیلاب اجرا شده در کشور می توان استباط کرد که موفقیت طرح های پخش سیلاب منوط به پخش شدن یکنواخت سیلاب بر روی سطح عرصه و به تعداد کافی در هر سال است[۴۷] و عدم آبگیری و یا آبگیری به تعداد محدود در سال موجب شکست طرح خواهد شد[۸]. از سایر عوامل اثر گذار می توان به کیفیت خاک و سیلاب اشاره کرد. خاک های مختلف با خصوصیات متفاوت، رواناب هایی با کیفیت متفاوت ایجاد می کنند. لذا ضروری است خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل و بعد از اجرای پخش سیلاب مورد بررسی دقیق قرار گیرد. از طرفی مدیریت اراضی بالادست در کمیت و کیفیت رواناب ایجاد شده موثر خواهد بود. همانطور که عنوان شد ورود حجم بالا از رسوبات و ته نشین شدن آن در سیستم، باعث تغییر بافت خاک و

احتمالا بهبود آن می شود. اما این فرآیند به تدریج باعث کاهش میزان نفوذ پذیری شبکه بعد از هر سیل گیری خواهد شد. لذا کاهش نفوذ پذیری از معضلات اصلی طرح های پخش سیلاب محسوب می شود که نیازمند اقدامات و تمهیدات مستمر جهت افزایش مجدد نفوذپذیری خاک و حفظ کارایی شبکه در دراز مدت است. به عنوان مثال می توان با استفاده از سیستم های ترکیبی مانند شخم زدن و کشت درختان ضمن افزایش میزان نفوذ، زمینه استفاده بهینه از سیل استحصالی را فراهم آورد[۴۳].

۴- نتیجه‌گیری

علاوه بر تغذیه طبیعی آب های زیرزمینی، آب به دو روش دیگر نیز قابل ذخیره است: ۱) در مخزن سدها و ۲) وارد نمودن آب به صورت مصنوعی به آبخوان و تغذیه مصنوعی آن. به دلیل نرخ بالای تبخیر در مناطق خشک و نیمه خشک و هزینه های بالای احداث سد، تغذیه مدیریت شده آبخوان راه حلی موثر برای حل مشکلات کمبود آب محسوب می شود. در برآوردی ساده،زمین های با قابلیت تغذیه مصنوعی در کشور ۵ میلیون هکتار می باشد که با فرض ضخامت متوسط ۱۰۰ متر و ضریب ذخیره ۵٪ دارای گنجایشی در حد دو برابر کل ظرفیت مخازن سطحی کشور می باشد[۲۲]. لذا ذخیره سازی آب به صورت زیرزمینی و تغذیه مدیریت شده آبخوان، یکی از استراتژی های مناسب برای مدیریت کمی و کیفی آب، انطباق با تغییرات آب و هوایی و تامین نیازهای آبی در زمینه منابع آب محسوب می شود.

بررسی پروژه های پخش سیلاب اجرا شده در کشور نشان می دهد که این روش در عین سادگی در اجرا و کم هزینه بودن، دارای نقش قابل توجهی در بهبود وضعیت سفره های آب زیرزمینی می باشد. همچنین گزینه ای مطلوب برای کاهش مشکلات ناشی از کم آبی، سیل، تولید علوفه، احیای مراتع، بیابان زدایی و بهبود کیفیت آب آبخوان ها در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می شود. اما در اغلب موارد، مطالعات مربوط به اثرات زیست محیطی طرحهای تغذیه مصنوعی نادیده گرفته شده است از آنجا که رعایت ملاحظات زیست محیطی در ارتباط با این پروژه ها، ضرورتی اساسی در راستای دستیابی به توسعه پایدار به شمار میرود، ارزیابی عملکرد و اثرات زیست محیطی در قبل و بعد از اجرای طرح و پایش آن بسیار اهمیت دارد و ضروری است که به آن توجه ویژه شود.

در نهایت، استفاده موفقیت آمیز از هر یک از روش های تغذیه مصنوعی مستلزم شناسایی مکان مناسب برای احداث طرح، شناخت اولویت های محلی، تامین منبع آب و دیگر شرایط خاص محلی (آب و هوا، توپوگرافی، خاک، زمین شناسی، کاربری زمین) است. ارزیابی های دقیق هیدرولوژی و زمین شناسی عاملی موثر در انتخاب مکان و روش تغذیه مناسب خواهد بود.

۵- مراجع

1. Mohammadnia, Mehrdad and Sayyed Ahang Kowsar. 2003. "Clay Translocation in the Artificial Recharge of a Groundwater System in the Southern Zagros Mountains, Iran." Mountain Research and Development 23(1):50–55.

۲. بیز، ژ.، بورگه، ل.، لوموان، ژ.، حیدرپور، ج. و اقتداری، ا.، ۱۳۶۹. تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی. مرکز نشر دانشگاهی

3. Gale, Ian. 2005. Strategies for Managed Aquifer Recharge (MAR) in Semi-Arid Areas. UNESCO IHP.

4. American Society of Civil Engineers. 2001. Standard Guidelines for Artificial Recharge of GroundWater.

5. Dillon, Peter, Paul Pavelic, Declan Page, Helen Beringen, and John Ward. 2009. Managed Aquifer Recharge: An Introduction.

6. Dillon, P., P. Stuyfzand, T. Grischek, M. Lluria, R. D. G. Pyne, R. C. Jain, J. Bear, J. Schwarz, and W. Wang. 2018. "Sixty Years of Global Progress in Managed Aquifer Recharge." Hydrogeology Journal.

7. Tuinhof, A., F. Van Steenbergen, P. Vos, and L. Tolk. 2012. Profit from Storage The Costs and Benefits of Water Buffering. Secretariat National Committee IAH: TNO-NITG.

۸. مصطفائی، ا.، کلانتری ن.ا.، و خیرخواه زرکش، م.م.، ۱۳۹۵. تعیین معیارهای تاثیرگذار در موفقیت طرحهای پخش سیلاب. علوم و مهندسی آبخیزداری . ۱-۸.

۹. معاونت فنی و توسعه امور زیربنایی، امور نظام فنی و اجرایی، وزارت نیرو، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا. **۱۳۹۰.** مبانی زیست‌محیطی طراحی برای طرح‌های تغذیه مصنوعی. سازمان برنامه و بودجه کشور، مرکز اسناد، مدارک و انتشارات.

۱۰. قربانی، ه. و پوررحیمی، م.ر.، **۱۳۸۹.** نتایج و اثرات زیست محیطی طرح های تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی در ایران. نخستین کنفرانس پژوهشهای کاربردی منابع آب ایران.

11. Rinck-Pfeiffer, Stéphanie, Santo Ragusa, Pascale Sztajnbok, and Thierry Vandevelde. 2000. "Interrelationships between Biological, Chemical, and Physical Processes as an Analog to Clogging in Aquifer Storage and Recovery (ASR) Wells." Water Research 34(7):2110–18.

12. Bloetscher, Frederick, Chi Ho Sham, Joseph J. Danko III, and Samuel Ratick. 2014. "Lessons Learned from Aquifer Storage and Recovery (ASR) Systems in the United States." Journal of Water Resource and Protection 06(17):1603–29.

13. Jeong, Hoon Young, Seong Chun Jun, Jeong Yong Cheon, and Minji Park. 2018. "A Review on Clogging Mechanisms and Managements in Aquifer Storage and Recovery (ASR) Applications." Geosciences Journal 22(4):667–79.

14. Maliva, Robert and Thomas Missimer. 2012. Arid Lands Water Evaluation and Management. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

۱۵. کمالی، ک. و مصطفایی، ا.، **۱۳۹۷.** اثربخشی پخش سیلاب بر منابع آب و خاک و محیط زیست. سیزدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری و سومین همایش ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست با محوریت آبخیزداری و صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست.

۱۶. وهابی، ج.، **۱۳۸۲.** تحلیل سامانه های پخش سیلاب و معرفی نیازهای تحقیقاتی. پژوهش و سازندگی **۲. ۲۲.**

17. Naghibi, Seyed Amir, Mehdi Vafakhah, Hossein Hashemi, Biswajeet Pradhan, and Seyed Jalil Alavi. 2018. "Groundwater Augmentation through the Site Selection of Floodwater Spreading Using a Data Mining Approach (Case Study: Mashhad Plain,Iran)." Water.

18. Hashemi, Hossein, Ronny Berndtsson, and Magnus Persson. 2015. "Artificial Recharge by Floodwater Spreading Estimated by Water Balances and Groundwater Modelling in Arid Iran." Hydrological Sciences Journal 60(2):336–50.

19. Ghayoumian, J.; Ghermezcheshme, B.; Feiznia, S.; Noroozi, A.A. Integrating GIS and DSS for identification of suitable areas for artificial recharge, case study Meimeh Basin, Isfahan, Iran. Environ. Geol. 2005, 47, 493–500.

۲۰. بیات موحد، ف.، **۱۳۸۴.** بررسی تاثیر پخش سیلاب بر تغییرات پوشش و تولید گیاهی مطالعه موردی: ایستگاه تحقیقاتی پخش سیلاب سهرین – قره چریان زنجان. پژوهش و سازندگی **۱. ۳۴.**

۲۱. نوروزیان، ف. و نادر نورا، ن.، **۱۳۹۴.** ویژگیهای سیلابهای مناطق خشک. دومین همایش ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست.

۲۲. رهبر، غ.ر.، کوثر، س.آ. و زارع، م.، **۱۳۸۸.** مهار سیلاب و تغذیه مصنوعی از طریق گسترش سیلاب. پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران.

۲۳. عادل پور, ع.، قهاری، غ.ر. و کوثر، س.آ.، **۱۳۸۵.** پخش سیلاب راهکاری مناسب جهت توسعه منابع آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه خشک ایران، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران.

۲۴. موسوی، س.ا.، **۱۳۸۲.** پایش و بررسی اثرات کمی و کیفی پخش سیلاب بر آبخوان میهم هرستان قروه کردستان. سومین همایش آبخوانداری.

۲۵. کرمی، ح.ر.، **۱۳۸۲.** بررسی اثرات فعالیتهای انجام شده در حوضه آبخوان کوهدشت- ایستگاه رومشگان بر وضعیت اقتصادی و اجتماعی ساکنین روستاهای واقع در ایستگاه مذکور. سومین همایش آبخوانداری.

۲۶. فتاحی، م.م. و جاویدکیا، ح.ر.، **۱۳۹۳.** بررسی تاثیر پخش سیلاب بر منابع آب زیرزمینی و کنترل سیل منطقه جعفرآباد قم. نخستین همایش کشوری چالش ها و بحران های آب در حوزه دریاچه نمک.

۲۷. زنجانی جم، م.، **۱۳۸۲.** آبخوانداری، راهکاری مناسب برای کنترل سیلاب و تقویت آبهای زیر زمینی مطالعه موردی حوزه آبخیز شمال شهر هیدج. سومین همایش آبخوانداری.

۲۸. باقریان، ر. و باقریان، ک.ع.، **۱۳۹۴**. بررسی تاثیر طرح های پخش سیلاب بر آبخوان در کنترل و کاهش خسارات سیل.همایش ملی سامانه های سطوح آبگیر باران.

۲۹. مسلمی، ح.، آبکار، ع. و چوپانی، س.، **۱۳۹۴**. بررسی تحقیقات انجام شده در زمینه تاثیرات پخش سیلاب بر توسعه منابع آبی. سامانه های سطوح آبگیر باران . **۷۳**-۹۱.

30. Pakparvar, Mojtaba, Hossein Hashemi, Meisam Rezaei, Wim M. Cornelis, Gholamali Nekooeian, and Sayyed Ahang Kowsar. 2018. "Artificial Recharge Efficiency Assessment by Soil Water Balance and Modelling Approaches in a Multi-Layered Vadose Zone in a Dry Region." Hydrological Sciences Journal 1–20.

31. Hashemi, Hossein, Ronny Berndtsson, and Mazda Kompani-zare. 2012. "Steady-State Unconfined Aquifer Simulation of the Gareh-Bygone Plain ,." 46(0):58–67.

۳۲. رحیم فروزه، م. و حشمتی، غ.، **۱۳۸۷**. بررسی تاثیر عملیات پخش سیلاب بر برخی از ویژگی های پوشش گیاهی و خاک سطحی (مطالعه موردی: دشت گربایگان فارس). پژوهش و سازندگی ۱. ۱۱.

۳۳. سررشته داری، ا.، **۱۳۸۲**. اثر اجرای طرح پخش سیلاب آب باریک بم بر روی خصوصیات خاک. سومین همایش آبخوانداری.

۳۴. سیاه منصور، ر.، کریم خادمی، ک. و شاه کرمی، ع.ا.، **۱۳۸۲**. بررسی اثر عملیات آبخوانداری بر شاخص های کمی مرتع (تولید، تراکم پوشش سطح و حفاظت خاک و تاج پوشش گیاهی) در آبخوان کوهدشت. سومین همایش آبخوانداری.

۳۵. فیله کش، ا.، **۱۳۸۲**. بررسی تاثیر عملکرد سیستم آبخوانداری ایستگاه سبزوار. سومین همایش آبخوانداری.

۳۶. اکبرزاده، م. و آقاسی، م.ج.، **۱۳۸۲**. بررسی اثرات قرق و قرق همراه با عملیات آبخوانداری بر پوشش گیاهی در مراتع کیاسر ساری (حوضه آبخیز پشتکوه). سومین همایش آبخوانداری.

۳۷. محمدی گلرنگ، ب. و حسینی بمرود، غ.ر.، **۱۳۸۲**. بررسی اثرات زیست محیطی طرح پخش سیلاب در منطقه گناباد خراسان قبل و بعد از اجرا. سومین همایش آبخوانداری.

۳۸. بیات موحد، ف.، **۱۳۸۲**. بررسی رابطه بین تغییرات پوشش گیاهی با میزان استحصال سیلاب در عرصه ایستگاه پخش سیلاب سهرین – قره چریان زنجان. سومین همایش آبخوانداری.

۳۹. حسینی مرندی، ح.، **۱۳۸۲**. نقش پخش سیلاب کاسکین درکاهش روند توسعه شنزارهای غرب ایرانشهر. سومین همایش آبخوانداری.

۴۰. کمالی، ک.، مهدیان، م.ح.، عرب خدری، م.، چرخابی، ا.ح.، غیاثی، ن. و سررشته داری، ا.، **۱۳۹۰**. تاثیر پخش سیلاب بر روند تغییرات حاصل خیزی خاک در ایستگاه های پخش سیلاب. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک **۳**. ۷۷.

۴۱. سکوتی اسکویی، ر.، مهدیزاده، م.، احمدی، ع. و مهدیان، م.ح.، **۱۳۸۲**. بررسی تاثیر پخش سیلاب بر آبخوان بر روند تغییرات نفوذپذیری سطحی خاک. سومین همایش آبخوانداری.

۴۲. مهدیان، م.ح.، حسینی چگینی، ا.، شریعتی، ح. و خاکسار، ک.، **۱۳۸۲**. بررسی تاثیر پخش سیلاب در تغییرات فیزیکو- شیمیایی خاک (مطالعه موردی طرح پخش سیلاب قوشه دامغان در استان سمنان). پژوهش و سازندگی **۳**. **۳۹**.

۴۳. دانشور، م.ر.، دانائیان، م.ر.، و وهابی، ج.، **۱۳۸۴**. تاثیر پخش سیلاب بر خصوصیات فیزیکی خاک در آبخوان میانکوه – استان یزد. سومین همایش ملی فرسایش و رسوب.

۴۴. روستا، م.ج.، سلیمان پور، س.م.، عنایتی، ک. و مصباح، س. ح.، **۱۳۹۷**. بررسی تاثیر سی سال پخش سیلاب بر بعضی ویژگی های فیزیکی خاک در کاربری های مختلف ایستگاه کوثر. سیزدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری و سومین همایش ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست با محوریت آبخیزداری و صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست.

۴۵. کمالی، ک. و کیاحیرتی، ج.، **۱۳۸۶**. بررسی تغییرات خصوصیات خاک در ایستگاه های پخش سیلاب با نگاهی بر تحقیقات انجام شده پیشین. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر.

۴۶. کمالی، ک. و عرب خدری، م.، **۱۳۸۴**. بررسی تحقیقات انجام شده در زمینه تاثیر پخش سیلاب بر ویژگی های خاک. سومین همایش ملی فرسایش و رسوب.

۴۷. برخورداری، ج.، زارع مهرجردی، م.، یوسفی، م.، **۱۳۹۳**. تاثیر پخش سیلاب بر برخی خصوصیات پوشش گیاهی و خاک در ایستگاه آبخوان سرچاهان-استان هرمزگان. پژوهش های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی) . **۳۳-۴۲**.