ارزیابی خاکریزها و حوضچه‌های تغذیه در پروژه‌های تغذیه مصنوعی استان خراسان رضوی

سید حسین رجائی*[۱]، حمزه نور[۲]، رضا صدیق[۳] و حسن سرباز[۴]
۱*- دکتری علوم و مهندسی آب- سازه‌های آبی، محقق مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی(*h.rajaei@areeo.ac.ir*)
۲- دکتری آبخیزداری، استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی
۳ و۴- کارشناس محقق مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی

چکیده

سامانه‌های استحصال آب باران دارای تنوع بسیار زیادی است. در این میان پروژه‌های تغذیه مصنوعی به‌عنوان طرح‌های بزرگ استحصال آب باران در حوضه‌های آبریز نقش مهمی در مدیریت منابع آب در کشور دارند. بررسی عملکرد طرح‌های اجراشده طی سال‌های قبل و نگاه فنی و کارشناسی در مراحل مختلف اجرا و بهره‌برداری ایین طرح‌ها زمینه بهبود و توسعه روش‌های محاسبه، طراحی و اجرای پروژه‌های آینده را فراهم می‌کند. در این مقاله پروژه‌های تغذیه مصنوعی اجراشده در استان خراسان رضوی، مسائل و مشکلات موجود ازنظر سازه‌ای مورد ارزیابی قرارگرفته است. در استان خراسان رضوی تعداد ۲۴ پروژه تغذیه مصنوعی زیر نظر شرکت سهامی آب منطقه خراسان است و دراین‌بین ۱۴ پروژه به‌صورت خاکریزهای متوالی در مسیر رودخانه و حوضچه‌های تغذیه در خارج از بستر رودخانه اجراشده است. دسته‌بندی مشکلات در سه مرحله مطالعات، اجرا و بهره‌برداری انجام شد. در مرحله مطالعات نتایج بررسی نشان می‌دهد برآورد هیدرولوژی رواناب و سیلاب از اهمیت بسزایی برخوردار است. همچنین مشکل رسوبات در ۴۰ درصد ایین طرح‌ها نیاز به مطالعه فنی و کامل‌تر دارد. در مرحله اجرا ۶۱ درصد طرح‌ها اشکالات اجرایی در مرحله ساخت دارند. مشکل آبشویی پایین‌دست سازه‌های صلب و نواقص تجهیزات مکانیکال نظیر خرابی دریچه‌های تخلیه رسوب و شیرهای تخلیه تحتانی در مجموعه طرح‌های موردبررسی مشاهده‌شد. در خصوص نگهداری عملاً هیچ برنامه‌ریزی خاصی وجود ندارد و این امر موجب شده است برخی نواقص جزئی به دلیل عدم رسیدگی به مشکلات پیچیده‌تر تبدیل شود. تقویت بعد کارشناسی در مرحله طراحی و توجه به موضوعاتی نظیر مهندسی رودخانه و هیدرولیک رسوب و همچنین طراحی هیدرولیکی صحیح سازه‌ها در مرحله مطالعات، نظارت دقیق در مرحله اجرا و برنامه‌ریزی صحیح برای مرحله بهره‌برداری در افزایش راندمان و عمر مفید پروژه‌ها بسیار مؤثر خواهد بود.

واژه‌های کلیدی

استحصال آب باران، پخش سیلاب، تغذیه مصنوعی، خاکریزهای تغذیه‌ای، مدیریت خشکسالی.

مقدمه

سامانه‌های سطوح آبگیر باران ازنظر نوع سازه و مکانیسم عملکرد آبگیری و اهداف اجرایی دارای تنوع بسیار زیادی است. برخی سامانه‌ها در مقیاس کوچک در حد تأمین آب موردنیاز یک درخت توسط بانکت‌های زراعی و یا استحصال آب از پشت‌بام منازل تعریف می‌شوند و برخی سامانه‌ها در مقیاس‌های بزرگ نظیر سامانه‌های جمع‌آوری رواناب شهری. حوضه‌های آبریز در چرخه هیدرولوژیک درواقع یک سامانه طبیعی سطوح آبگیر است که در مقیاس بزرگ عمل می‌کند. رواناب طبیعی حوضه‌های آبریز ناشی از باران مازاد بر نفوذ و ذخیره در سطح یک حوضه از طریق شبکه آبراهه‌های حوضه به پایین‌دست منتقل می‌شود. در یک مقایسه فرایندی می‌توان گفت یک حوضه آبریز، بخش جمع‌آوری یک سامانه طبیعی سطوح آبگیر باران است و پایین‌دست حوضه، پایانه جمع‌آوری و ذخیره آب سامانه است. تغییر در ساختار طبیعی باهدف مدیریت ذخیره و مصرف در پایانه یک حوضه اگر به‌واسطه ضرورت از بعد کمی یا کیفی انجام شود و با تغییر ساختار جمع‌آوری آب از طریق طرح‌هایی نظیر پروژه‌های تغذیه مصنوعی انجام شود، می‌تواند به یک سامانه مصنوعی باقابلیت بهره‌برداری برای ساکنین بدل شود. پشته‌های خاکی و حوضچه‌های تغذیه ازجمله طرح‌هایی است که در بین انواع مختلف پروژه‌های تغذیه مصنوعی موردتوجه اغلب طراحان و مهندسین قرار می‌گیرد. ارزیابی فنی طرح‌های اجراشده این فرصت را فراهم می‌کند که بتوان با رفع نواقص در مرحله طراحی و اجرای پروژه‌های جدید راندمان بهره‌برداری و عمر مفید پروژه‌ها را افزایش داد. در این مقاله مجموعه پروژه‌های تغذیه مصنوعی که به‌صورت خاکریزهای متوالی در بستر رودخانه و حوضچه‌های تغذیه در خارج از بستر، احداثی در استان خراسان رضوی که توسط شرکت آب منطقه‌ای استان مورد بهره‌برداری قرارگرفته است مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این ارزیابی در بخش سازه‌ای طرح‌ها بوده و عوامل تخریب و یا پایداری سازه‌ها موردبررسی قرارگرفته است.

کوثر و همکاران(۱۳۷۶) با اجرای طرح تغذیه مصنوعی به روش پخش سیلاب در منطقه گربایگان فارس سعی کردند دانش بومی اجرای پخش سیلاب را به‌صورت الگویی و ترویجی به انجام رسانند. این طرح و نتایج آن در سال‌های بعد موجب شد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری با اجرای طرح‌های پخش سیلاب بر آبخوان که اصطلاحاً آبخوانداری نامیده می‌شود در ۳۶ نقطه از کشور نسبت به گسترش این نوع از سیستم اقدام کند. بر روی این عرصه‌های اجرایی تحقیقات متعددی طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۸ انجام شد که بخشی از آن در خصوص پایش عملکرد سازه‌های اجراشده بود. زینالی(۱۳۷۸) عملکرد پروژه تغذیه مصنوعی دشت امامزاده جعفر گچساران که دارای بند انحرافی، کانال انتقال و ۵ حوضچه تغذیه است را مورد ارزیابی قرار داد. نتایج نشان داد در بخش مطالعات پایه گزارش‌های هواشناسی و هیدرولوژی مناسب نبوده که موجب نامناسب بودن طراحی حجم مخازن شده است. به دلیل عدم تطابق طراحی و ساخت سازه‌ها در مرحله اجرا، در رخداد سیل سال ۱۳۷۶ خسارت زیادی به پروژه واردشده است. اسلامی و همکاران(۱۳۸۶) ضمن بررسی علل تخریب پروژه تغذیه مصنوعی فاروب رومان در شمال غرب شهرستان نیشابور، سعی کردند با ارائه راهکارهای فنی نواقص اجرایی سازه‌ها در مرحله قبل برطرف نمایند. جانمایی نامناسب سازه‌های آبگیر در طراحی اولیه دلیل اصلی خسارات ایجادشده تشخیص داده شد. عادلپور و صوفی(۱۳۸۸) پروژه پخش سیلاب کوثر در استان فارس را از بعد هیدرولیکی موردبررسی قراردادند و سعی کردند معیاری برای تعیین فاصله بین خاکریزهای متوالی ارائه نمایند. آن‌ها با توجه به افزایش سرعت در امتداد شیب عرصه، تنش برشی بیشینه را معیار مناسبی برای تعیین فاصله خاکریزها بیان کردند. رجائی و خداشناس(۱۳۸۹) ضمن ارائه مدلی از تقسیم جریان بین دروازه‌های پخش در کانال‌های آبرسان شبکه‌های تغذیه مصنوعی که در امتداد کانال به‌صورت سرریز جانبی عمل می‌کنند، نشان دادند طراحی تیپ این دروازه‌ها به‌صورت یکسان عامل عدم تقسیم یکنواخت جریان بین آن‌ها بوده است. در همین خصوص نعمایی و همکاران (۱۳۹۳) وضعیت عملکرد سرریزهای جانبی در شبکه‌های پخش سیلاب را بررسی کردند و نشان دادند طراحی سرریزهای جانبی برای کانال‌های پخش سیلاب صرفاً مبتنی بر عدد فرود، مناسب نیست و علاوه بر عدد فرود در بالادست، نسبت عمق جریان و به ارتفاع سرریز، طول بی‌بعد سرریز و نسبت عمق جریان به عرض کانال اصلی هم بر دبی عبوری از سرریز کناری مؤثر است. کیخسروی و یارمرادی(۱۳۹۳) سعی کردند با کمک فناوری GIS روشی برای تعیین محل مناسب عرصه‌های پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی ارائه کنند. آن‌ها پژوهش خود را در منطقه سبزوار به انجام رساندند و نتایج را به‌صورت نقشه‌های رقومی تهیه کردند. مصطفایی و همکاران (۱۳۹۵) سعی کردند بر اساس نتایج اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی، عوامل مؤثر بر موفقیت طرح‌های پخش سیلاب را ارائه نمایند. بر این اساس ۱۶ معیار مؤثر تعریف شد که ۷ معیار شامل نفوذپذیری خاک، عمق آب زیرزمینی، پایداری سازه‌های احداثی، تواتر سیلاب حوضه، کیفیت آب، هدایت هیدرولیکی آبخوان و ارزش اقتصادی آب از اهمیت بیشتری برخوردار بود.

بصیرپور و همکاران(۱۳۹۵) طرح‌های تغذیه مصنوعی استان اصفهان را مورد بررسی قراردادند. آن‌ها ۱۷ پروژه تغذیه مصنوعی را بررسی کردند و نشان دادند طرح‌های مذکور ازنظر مکان‌یابی مناسب هستند ولی در مطالعات اولیه دارای اشکالاتی هستند. پروژه‌ها دارای اجرای مناسب هستند ولی ازنظر نگهداری با مشکلاتی مواجه شده‌اند.

مرور منابع موجود نشان می‌دهد ارزیابی طرح‌های تغذیه مصنوعی بعضاً با نگاه به یک عامل مشخص و یا تعیین شاخص طراحی برای یک پارامتر معین انجام‌شده است. دسته‌بندی انواع طرح‌های تغذیه مصنوعی از حیث فرم سازه‌ها و ارزیابی طبقه‌بندی شده سیستم‌ها به طراحان این کمک را خواهد کرد تا بتوانند بر اساس تجربیات گذشته در خصوص اشکالات احتمالی سازه، نسبت به طراحی مناسب و پیش‌بینی خطرات احتمالی اقدام نمایند. در این تحقیق با نگاه به عملکرد سازه‌های تغذیه مصنوعی از نوع حوضچه‌های تغذیه داخل و خارج رودخانه‌ای سعی شده است اشکالات عمده طرح‌ها به‌صورت دسته‌بندی شده بررسی شود.

مواد و روش‌ها

تعریف تغذیه مصنوعی و اهداف آن

به‌طور خلاصه تعریف تغذیه مصنوعی عبارت است از روشی برای واردکردن آب به یک سازند نفوذپذیر باهدف استفاده مجدد از آن باکیفیت و رژیم متفاوت. این سازند نفوذپذیر در آبخوان‌ها عبارت است از آبرفت موجود در آبخوان که درواقع مخزن ذخیره آب در یک دشت است. اهداف تغذیه مصنوعی می‌تواند شامل احیاء وضعیت اولیه سفره‌های زیرزمینی که در اثر برداشت بیش از حد دچار کمبود ذخیره مخزن شده است باشد. همچنین در مواردی که با پیشروی آب شور به سمت منابع آب‌های شیرین مواجه باشیم به کمک تغذیه مصنوعی و ایجاد هد مثبت هیدرولیکی در جبهه آب شیرین، پیشروی جبهه آب شور کاهش‌یافته و یا روند تغییر می‌کند. بنا توجه به تعریف فوق طرح‌های تغذیه مصنوعی شامل موارد زیر نخواهد بود. - هر سیستم که هدف آن تغذیه مصنوعی نباشد وللی از تبعات آن نفوذ آب به آبخوان باشد نظیر شبکه‌های آبیاری، مخازن، کانال‌ها و نظایر آن که تلفات موجب نفوذ آب به سفره زیرزمینی می‌شود. - هر نوع تغذیه از لایه‌های آبدار مجاور و یا رودخانه‌ها که در اثر افت سطح سفره زیرزمینی موجب نفوذ جریان به آبخوان موردنظر شود. - هر نوع نفوذ آب از طریق پساب‌های شهری و چاه‌های جذبی دفع فاضلاب. به‌طور خلاصه اهداف تغذیه مصنوعی به‌صورت زیر است. ۱- افزایش منابع آب و بهینه‌سازی رژیم بهره‌برداری از یک آبخوان. ۲- احیاء تعادل ببه‌هم‌خورده سفره و یا محافظت در مقابل اختلال‌های مختلف. ۳- تغییر کیفیت منابع آب.

انواع سیستم تغذیه مصنوعی

انواع سیستم‌های تغذیه مصنوعی به سه گروه کلی دسته‌بندی می‌شود که عبارت‌اند از سیستم‌های تزریق عمقی، سیستم‌های نفوذ سطحی و سیستم نفوذ واداری. سیستم تزریق عمقی شامل انواع سیستم‌های تغذیه مصنوعی است که در آن از طریق چاه‌های تزریق آب به داخل آبرفت نفوذ داده می‌شود. درواقع سیستم‌های تزریق عملکردی معکوس پمپاژ در چاه‌ها دارند. سیستم‌های نفوذ سطحی عمدتاً از طریق تغذیه سطحی آبخوان‌ها انجام می‌شود. این روش بسته به محل اجرای سازه‌ها شامل سیستم‌های مبتنی بر نفوذ در بستر رودخانه و یا خارج از مسیر رودخانه می‌باشد. سیستم نفوذ واداری نوعی از سیستم تغذیه مصنوعی است که عمدتاً در مواردی ککه ببا فراهم بودن شرایط، موضوع بهبود کیفیت منابع آب مدنظر باشد اجرا می‌شود. در این حالت با اجرای سیستم برداشت از سفره از طریق پمپاژ آب زیرزمینی در ناحیه آب باکیفیت نامطلوب و ایجاد گرادیان هیدرولیک شدیدتر نسبت به منبع تغذیه‌کننده سطحی شرایط نفوذ بیشتر آب از بستر رودخانه به سفره آب زیرزمینی فراهم می‌شود. این نوع سیستم در محل‌هایی ککه یک منبع طبیعی سطحی نظیر جریان دائم رودخانه یا دریاچه‌های آب شیرین تغذیه‌کننده آبخوان هستند قابلیت اجرا دارد. در ایین مقالله خاکریزهای متتوالی داخل رودخانه و حوضچه‌های تغذیه خارج از رودخانه ککه در طبقه‌بندی سیستم‌های تغذیه سطحی قرار دارند مورد ارزیابی قرارگرفته‌اند. در زیر جدول طبقه‌بندی انواع سیستم‌های تغذیه و زیرگروه‌های هرکدام ارائه‌شده است.

جدول ۱: تقسیم‌بندی انواع سیستم‌های تغذیه مصنوعی

طبقه‌بندی کلی سیستم	گروه اصلی	زیرگروه
سیستم نفوذ عمقی	چاه‌های تزریق	۱- چاه‌های خشکه‌کار- محفور در آبرفت غیراشباع ۲- چاه‌های تره‌کار- محفور در آبرفت اشباع
سیستم نفوذ سطحی	سیستم‌های مبتنی بر نفوذ در بستر رودخانه	۱- سدهای تغذیه‌ای ۲- پشته‌های خاکی متوالی ۳- ساماندهی و تقویت مسیر جریان
	سیستم‌های مبتنی بر نفوذ در خارج از بستر رودخانه	۱- استخرها و حوضچه‌های تغذیه ۲- سیستم پخش سیلاب الف- با کنترل ورودی ب- بدون کنترل ورودی ج- سیستم غلام‌گردشی د- پشته‌های خاکی روی خط تراز ه- روش انهار خطوط تراز و- آبیاری تغذیه‌ای
سیستم نفوذ واداری	نفوذ واداری از رودخانه	
	نفوذ واداری از دریاچه‌های آب شیرین	

پروژه‌های تغذیه مصنوعی خراسان رضوی

پروژه‌های اجراشده باهدف تغذیه مصنوعی در سطح استان خراسان توسط ارگان‌های متعددی ازجمله شرکت آب منطقه‌ای، آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی، معاونت آب و خاک جهاد کشاورزی باهدف استحصال رواناب حوضه‌ها و تغذیه مصنوعی اجراشده است. دراین‌بین تعداد ۲۴ پروژه متعلق به شرکت سهامی آب منطقه خراسان رضوی است که از انواع سیستم‌های نفوذ سطحی است. دراین‌بین تعداد ۱۰ پروژه سد تغذیه‌ای داخل رودخانه، ۷ پروژه پشته‌های خاکی متوالی داخل رودخانه و ۷ پروژه به‌صورت استخرها و حوضچه‌های تغذیه خارج از رودخانه‌ای است. در این مقاله به وضعیت پروژه‌های تغذیه مصنوعی به فرم خاکریز متتوالی و حوضچه‌های تغذیه مصنوعی خارج از رودخانه پرداخته‌شده و لذا جدول ۲ موقعیت جغرافیایی پروژه‌های تغذیه مصنوعی شامل خاکریزهای متتوالی در مسیر رودخانه و جدول ۳ حوضچه‌های تغذیه که خارج از رودخانه و همچنین و سال بهره‌برداری آن‌ها را نشان می‌دهد.

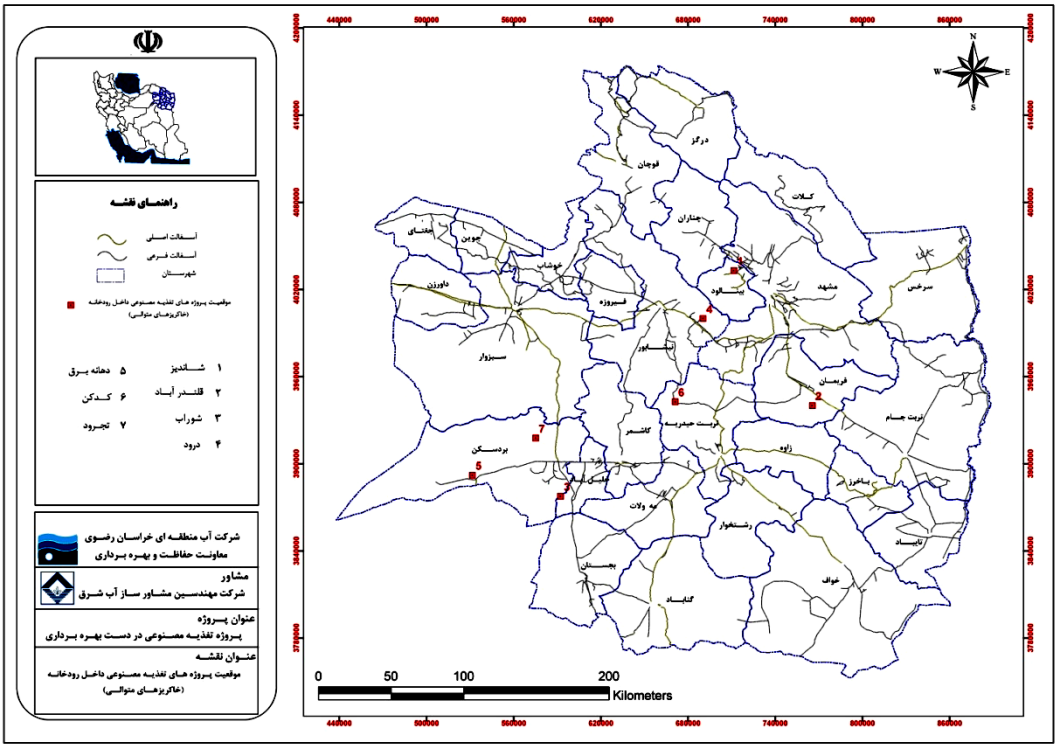
جدول ۲: موقعیت جغرافیایی خاکریزهای متوالی تغذیه مصنوعی در استان خراسان رضوی

ردیف	نام پروژه	محل اجرا	سال اجرا	رژیم رودخانه	E	N
۱	شاندیز مشهد	مجاور شهر شاندیز	۱۳۸۱	فصلی	۳۸ ۲۱ ۵۹	۰۴ ۲۵ ۳۶
۲	شوراب کاشمر	کاشمر– روستای شوراب	۱۳۷۷	سیلابی	۴۸/۱ ۱۰ ۵۸	۵/۴ ۰۲ ۳۵
۳	درود	نیشابور– درود	۱۳۸۲	فصلی	۵۷/۳ ۰۶ ۵۹	۲۶/۱ ۰۷ ۳۶
۴	قلندرآباد فریمان	۲۰ کیلومتری فریمان	۱۳۸۱	فصلی	۵۲/۳ ۵۵ ۵۹	۱۰ ۳۴ ۳۵
۵	دهانه برق	بردسکن	۱۳۸۲	سیلابی	۵۲/۵ ۲۰ ۵۷	۱۲/۶ ۱۰ ۳۵
۶	کدکن	تربت‌حیدریه	۱۳۸۴	سیلابی	۲۵/۲ ۵۳ ۵۸	۴۲/۵ ۳۶ ۳۵
۷	تجرود	بردسکن	۱۳۹۰	سیلابی	۳۳/۶ ۴۹ ۵۷	۶/۱ ۲۴ ۳۵

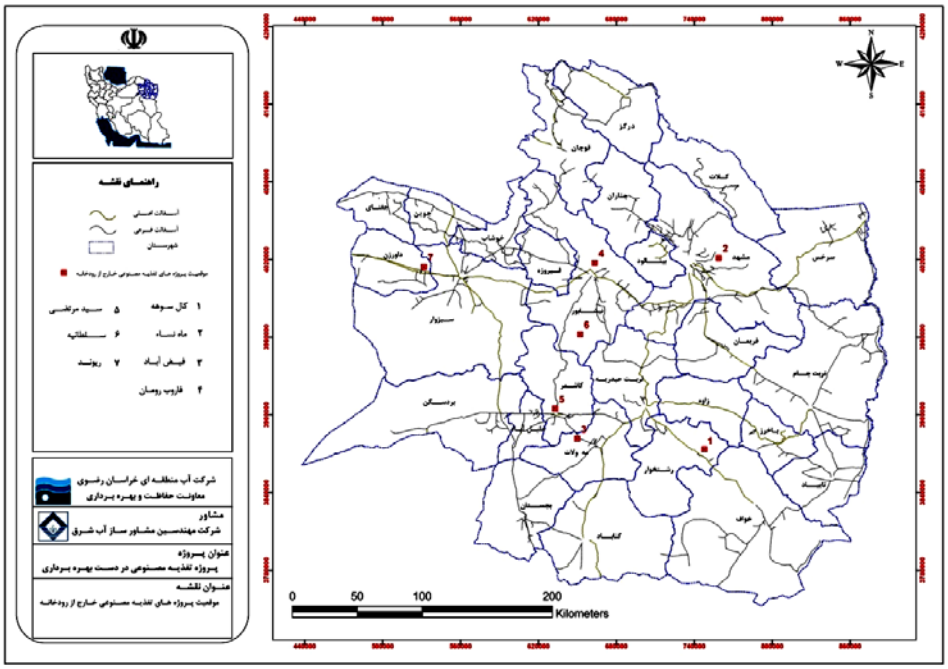
جدول ۳: موقعیت جغرافیایی حوضچه‌های تغذیه مصنوعی در استان خراسان رضوی

ردیف	نام پروژه	محل اجرا	سال اجرا	رژیم رودخانه	E	N
۱	کال سوهه	۸ کیلومتری شرق رشتخوار	۱۳۷۹	سیلابی	۵۹ ۴۲ ۵۶	۳۴ ۵۸ ۱۸
۲	ماه نساء مشهد	۳۵ کیلومتری مشهد	۱۳۸۱	سیلابی	۵۹ ۵۱ ۱۲	۳۶ ۱۸ ۷/۳
۳	فیض‌آباد	فیض‌آباد- تربت‌حیدریه	۱۳۸۱	سیلابی	۵۸ ۳۸ ۴۲	۳۵ ۰۳ ۵۱/۵
۴	فاروب رومان	۱۰ کیلومتری شهر نیشابور	۱۳۷۹	فصلی	۵۸ ۴۹ ۰۹	۳۶ ۱۷ ۱۸
۵	سید مرتضی کاشمر	۴ کیلومتری شهر کاشمر	۱۳۷۹	سیلابی	۵۸ ۲۷ ۳۹	۳۵ ۱۶ ۳۳
۶	سلطانیه نیشابور	نیشابور – روستای سلطانیه	۱۳۷۹	سیلابی	۵۸ ۴۱ ۰۳	۳۵ ۴۷ ۲۹
۷	ریوند سبزوار	سبزوار – ریوند	۱۳۸۱	سیلابی	۵۷ ۲۱ ۱۹	۳۶ ۱۶ ۱۹

همچنین در شکل ۲ موقعیت خاکریزهای متوالی و شکل ۳ موقعیت حوضچه‌های تغذیه استان بر روی نقشه نشان داده‌شده است.



شکل ۲: موقعیت جغرافیایی خاکریزهای متوالی



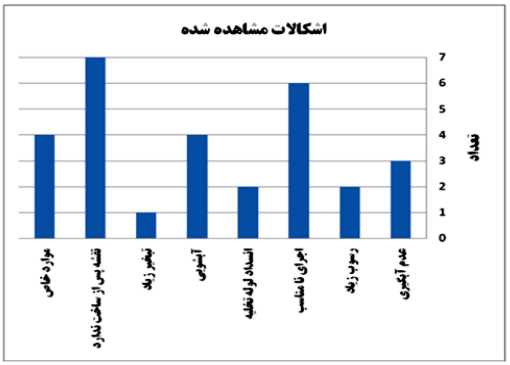
شکل ۳: موقعیت جغرافیایی حوضچه‌های تغذیه

بررسی نقاط ضعف و اشکالات پروژه‌ها

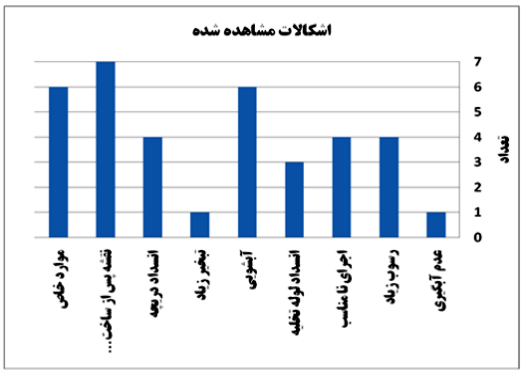
به‌منظور بررسی بهتر وضعیت پروژه‌های مورد ارزیابی، اشکالات مشاهده‌شده در طرح‌ها در قالب هشت موضوع کلی دسته‌بندی شد. این موارد عبارت‌اند از:

۱- عدم آبگیری (یا آبگیری کم علی‌رغم انتظارات اولیه)
۲- حجم زیاد رسوبات واردشده به پروژه
۳- اجرای نامناسب سازه (شامل اشکالات سازه‌ای و مصالح بکار رفته)
۴- آبشویی (در بستر آبرفتی پایین‌دست سازه‌های صلب)
۵- تبخیر زیاد (در مواردی که زمان نفوذ آب به آبخوان به دلایلی زیاد شود)
۶- انسداد دریچه‌های تحتانی (شامل دریچه‌های آبگیر و تخلیه رسوب)
۷- عدم تهیه نقشه پس از ساخت (As built)
۸- موارد خاص (شامل موارد انحصاری در هر پروژه)

وضعیت این موارد در خصوص هر پروژه در نمودارهای شکل ۴ و ۵ ارائه‌شده است.



جدول ۴: اشکالات موجود در پروژه‌های خاکریزهای متوالی



جدول ۵: اشکالات موجود در پروژه‌های حوضچه‌های تغذیه

نتایج و بحث

بررسی عملکرد پروژه‌ها

در این بخش به بررسی عملکرد کلی پروژه‌های اجراشده پرداخته می‌شود. با توجه به اینکه موفقیت اجرای یک پروژه تغذیه مصنوعی به عوامل مختلفی بستگی دارد، سعی شد در خصوص پروژه‌های موردمطالعه ارزیابی فنی از مسائل و مشکلات انجام شود. نکته مهم در مرحله مطالعات عدم توجه به برخی مفاهیم مهم و تأثیرگذار در طراحی سازه‌های آبی است. در این خصوص موضوع مطالعات مهندسی رودخانه و همچنین هیدرولیک جریان رسوب از مهم‌ترین مباحث در مطالعات پایه است که کمتر به آن توجه می‌شود. به‌عنوان نمونه پروژه تغذیه مصنوعی فاروب رومان در سال ۱۳۸۱ دچار تخریب و خسارت شدید در اثر وقوع سیلاب شد. بررسی کارشناسی نشان داد اصلی‌ترین عامل تخریب، عدم توجه به مهندسی رودخانه در محل سازه آبگیر پروژه بود که با جانمایی نامناسب موجب تحمیل هزینه زیادی برای بازسازی آن شد. در خصوص مباحث هیدرولیک رسوب، نمونه‌های متعددی وجود دارد که عدم تحلیل مناسب موجب فرسایش و یا رسوبگذاری در پروژه شده است. این موضوع در ادامه بیشتر توضیح داده‌شده است. در مرحله شناسایی نقاط قوت و ضعف هر یک از پروژه‌های تغذیه مصنوعی ابتدا دسته‌بندی انواع مسائل انجام شد. این دسته‌بندی به‌صورت کلی در سه مرحله مشاهده می‌شود. مرحله مطالعات، مرحله اجرا و مرحله بهره‌برداری.

الف- مرحله مطالعات

در این بخش موضوعات مختلفی قابل‌بحث است که به ترتیب برخی موضوعات اصلی و عمومی‌تر بیان می‌شود.

- **تأمین آب**: این موضوع در ذیل مطالعات هیدرولوژی تبیین می‌شود. بازدیدهای میدانی و گفتگو با خبرگان محلی نشان می‌دهد که از مجموع ۱۴ پروژه اجراشده تعداد ۴ پروژه ازنظر آبگیری و داشتن سیلاب سالانه با مشکل همراه است. به عبارتی این ۴ پروژه انتظار تأمین آب از طریق ذخیره‌سازی و سپس تغذیه آبخوان را برآورده نمی‌کنند. پروژه‌هایی که ازنظر آبگیری دارای مشکل هستند عبارت‌اند از: سلطانیه، شوراب، دهانه برق و تجرود. از این تعداد برخی در سال‌های اولیه احداث بعضاً آبگیری داشته‌اند ولی نکته قابل‌ذکر این است که دراین‌بین پروژه‌هایی نظیر سلطانیه هیچ‌گاه سازه در حد سرریز کردن آبگیری نداشته‌اند. تصویر شکل ۴ وضعیت سازه خاکی شوراب در شهرستان خلیل‌آباد را نشان می‌دهد. این سازه سال‌ها قبل توسط روستائیان ساخته‌شده و پس‌ازآن چند نوبت ترفیع شده است که آخرین مورد آن در سال ۱۳۷۷ بوده است. با این وجود طی مدت ۱۷ سال هیچ‌گونه سیلاب مؤثری وارد مخزن نشده است. وضعیت پوشش گیاهی داخل مخزن به‌نوعی عملکرد آبگیری سازه را نشان می‌دهد.

شکل ۴: وضعیت عدم آبگیری مخزن سازه خاکی شوراب خلیل‌آباد

در میان این ۴ پروژه تغذیه مصنوعی که میزان آبگیری آن‌ها بسیار کمتر از انتظار بوده است مطالعات پروژه تجرود مربوط به سال ۱۳۸۸ بوده و اجرای آن در سال‌های اخیر انجام‌شده است. عدم آبگیری را شاید بتوان به خشکسالی چند سال اخیر مرتبط دانست. درهرحال با توجه به شرایط اقلیمی کشور طی دو دهه گذشته که برخی کارشناسان عملاً آن را به‌نوعی تغییر اقلیم دانسته‌اند بکار بردن واژه **"خشکسالی‌های اخیر"** چندان منطقی نیست بلکه وضع موجود را باید عملاً شرایط طبیعی دانست و شرایط استثنایی قلمداد کردن آن موجب اشتباه در تصمیم‌گیری خواهد شد.

- **الگوی طراحی و اجرای سازه:** موضوع بعدی در خصوص پروژه‌های تغذیه مصنوعی موردبررسی، انتخاب نوع سیستم و سازه‌های مربوطه است. در طرح‌های خارج از رودخانه یک الگوی پیروی شده است (حوضچه‌های تغذیه‌کننده) و در طرح‌های داخل رودخانه، خاکریزهای متوالی. بدیهی است در ابتدا ممکن است این موضوع اهمیت نداشته باشد ولی دقت در شرایط اولیه هر پروژه و مشخصات فیزیوگرافی حوضه، ریخت‌شناسی رودخانه، توپوگرافی عرصه اجرایی و شرایط هیدروژئولوژیک منطقه قطعاً الگوهای مختلفی را در انتخاب نوع سازه اجرایی مطرح خواهد کرد.

بررسی اولیه این ۱۴ پروژه نشان می‌دهد مجموع شرایط فوق در پروژه‌ها وضعیت چندان مشابهی ندارد ککه بتتوان در کلییه ایین طرح‌ها از الگوهای محدودی تبعیت کرد. به‌عنوان مثال طرح‌های خارج از رودخانه می‌تواند در برخی موارد به‌صورت روش‌های پخش سیلاب و یا سیل‌گستران اجرا شود. در برخی پروژه‌ها می‌توان از الگوی تثبیت آبراهه و کف‌بندهای متوالی استفاده کرد. نکته دیگر در اجرای طرح‌ها تبعیت یکسان از یک طرح در همه پروژه‌ها است. تصویر شکل ۵ نمونه‌ای از طرح‌های خارج از رودخانه است که به‌صورت تیپ در طرح‌های مشابه دیگر اجراشده و شامل یک بند انحرافی، یک کانال انتقال و چند حوضچه تغذیه است. ببه‌عنوان نمونه دیگر می‌توان به موضوع طراحی سازه‌های رسوبگیر رودخانه‌ای اشاره کرد که با توجه به تفاوت میزان رسوب همراه جریان قطعاً در برخی پروژه‌ها اجرای سازه‌های تکمیلی در ابتدای ورود جریان به شبکه جهت کنترل و حذف رسوبات امری ضروری بوده است وللی در کلییه پروژه‌ها الگوی اجرایی یکسان است. این امر یکی از مشکلات طرح‌های اجراشده است. شکل ۶ وضعیت دریچه‌های آبگیر پروژه ریوند از طرح‌های خارج از رودخانه را نشان می‌دهد که در این طرح هیچ سازه‌ای متناسب با حجم رسوبات ورودی به شبکه ایجاد نشده است.

شکل ۵: الگوی یکنواخت سازه در طرح‌های خارج از رودخانه

شکل ۶: وضعیت رسوبات در بالادست دریچه‌های آبگیر پروژه ریوند

- **رسوبدهی حوضه آبریز:** آخرین نکته که در بخش مربوط به مطالعات پایه مطرح است وضعیت رسوبدهی حوضه‌های بالادست پروژه‌ها است. این امر در دو بخش قابل‌بررسی است. مطالعات برخی پروژه‌ها برآورد رسوبات همراه جریان را کمتر از واقعیت برآورد کرده است که موجب شده پروژه در سال‌های اولیه با مشکلات جدی در خصوص رسوبات همراه شود. در این خصوص می‌توان به پروژه‌های ریوند، ماه نساء و کدکن اشاره کرد. در این پروژه‌ها وضعیت رسوبات و حجم ورودی رسوب به حدی است که عمدتاً سیستم آبگیری، انحراف و تغذیه را با مشکل همراه کرده است. شکل ۷ وضعیت رسوبات در حوضچه شماره ۱ پروژه کدکن را نشان می‌دهد. تجمع رسوبات تا نزدیک تاج خاکریز در تصویر مشهود است. سمت راست تصویر تاج خاکریز و سمت چپ مخزن پر از رسوب را نشان می‌دهد. همچنین تصویر شکل ۸ همین وضعیت را در حوضچه‌های تغذیه پروژه ماه نساء نشان می‌دهد. وسط تصویر تاج خاکریز است و سمت چپ تصویر انباشت رسوبات در داخل حوضچه تغذیه.

شکل ۷: وضعیت انباشت رسوبات در حوضچه شماره ۱ پروژه کدکن

شکل ۸: وضعیت رسوبات در پروژه ماه نساء

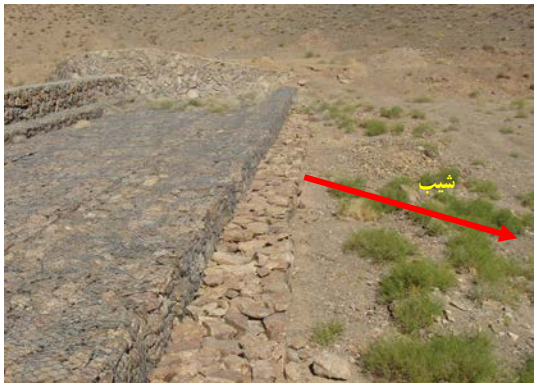
ب- مرحله اجرا:

اشکالات موجود در پروژه‌های تغذیه مصنوعی که مربوط به مرحله اجرای سازه‌ها و تأسیسات مربوط است از چند بعد قابل‌بررسی است که در ادامه به آن پرداخته می‌شود.

آبشویی پایین‌دست سازه‌های صلب: اولین بخش از اشکالات اجرایی که بیشترین تعداد را نیز در بر، موضوع آبشویی در پایین‌دست سازه‌ها خصوصاً سرریزهای تخلیه و نظایر آن است. این مشکل در اکثر پروژه مشاهده شد که البته میزان تخریب ناشی از آب شویی در پروژه‌ها یکسان نیست. در برخی موارد این مشکل حادتر و در برخی دیگر کمتر است. در سایر پروژه‌ها ککه آبشستگی مشاهده نشد عمدتاً به دلیل عدم آبگیری پروژه یا عدم سرریز کردن پروژه است. به‌عنوان مثال پروژه‌های سلطانیه، شوراب و تجرود تاکنون آبگیری نداشته‌اند. علت اصلی این مشکل در مرحله اجرای پروژه‌ها است. شکل ۹ نمونه‌ای از این مشکل در پایین‌دست سرریز تخلیه حوضچه شماره یک پروژه تغذیه مصنوعی سید مرتضی در شهرستان کاشمر را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در این تصویر عمق آبشستگی به بیش از ۲ متر می‌رسد. این وضعیت با شدت و ضعف مختلف در سایر پروژه‌ها نیز دیده شد. لازم به ذکر است عبور جریان فوق بحرانی از داخل حوضچه‌های آرامش سرریزها و ورود به بستر آبرفتی رودخانه همواره با یک تغییر در هیدرولیک جریان ناشی از تغییر در زبری بستر مسیر است. این تغییر موجب ایجاد تنش برشی در بستر شده که معمولاً شدت تنش ایجادشده قابلیت آبشویی بالایی را ایجاد می‌کند. طراحی و اجرای صحیح ریپ‌رپ مهم‌ترین عامل در پیش‌گیری از تخریب ناشی از آبشستگی است. شکل ۱۰ نمونه‌ای از اجرای غلط ریپ‌رپ در پروژه تجرود را نشان می‌دهد. جانمایی صحیح سرریز به‌نحوی‌که جریان خروجی از سرریز پس از ورود به مسیر آبرفتی ازنظر هیدرولیکی توان آبشویی را نداشته باشد نیز مهم است. شکل ۱۱ وضعیت شیب پایین‌دست سرریز تخلیه آخرین خاکریز پروژه تجرود را نشان می‌دهد. این شیب قطعاً با اولین عبور جریان دچار آبشستگی شدید خواهد شد. همچنین عمق اجرای سنگ‌های ریپ رپ نباید محدود به یک لایه سنگ شود. یعنی چیدمان یک ردیف سنگ ریپ‌رپ بر روی بستر ریزدانه اشتباه است. شکل ۱۲ نمونه یک ریپ‌رپ یک لایه روی خاک نرم را نشان می‌دهد.

شکل ۹: وضعیت آبشستگی پایین‌دست سرریز تخلیه در حوضچه شماره یک پروژه سید مرتضی

شکل ۱۰: نمونه‌ای از اجرای نامناسب ریپ‌رپ که توان حفاظتی کافی را ندارد



شکل ۱۱: شیب نامناسب پایین‌دست ریپ‌رپ

شکل ۱۲: چیدن یک لایه سنگ روی خاک ریزدانه (اجرای غلط ریپ‌رپ)

استفاده از مصالح نامرغوب: اشکال دیگر مشاهده‌شده در مرحله اجرا برای برخی پروژه‌ها، عدم استفاده مصالح مرغوب است. در این خصوص کلیه مصالح بکار رفته اعم از شن، سیمان و سنگ باید مطابق کیفیت طراحی و اجرای بتن باشد. در چند پروژه مشاهده شد که بتن سطحی یا بتن بکار رفته در سازه سنگ و ملات دچار تخریب‌شده است. این تخریب در چند پیروژه ببه دلییل استفاده از شن رودخانه‌ای در محل که دارای خاک بوده ایجادشده بود.

ج- مرحله بهره‌برداری

موضوع بهره‌برداری و نگهداری از پروژه‌های تغذیه مصنوعی یکی از حلقه‌های مفقوده اصل ممدیریت اجراییی است. متأسفانه نگگاه غالب در بخش اداری در خصوص طرح‌های تغذیه مصنوعی، عملکرد خودکار سیستم است. لذا در هیچ‌یک از این پروژه‌ها برنامه‌ریزی در خصوص نگهداری و بهره‌برداری از پروژه انجام نمی‌شود. این امر موجب شده است که مشکلات جزئی که با رسیدگی ببه‌موقع قابل‌حل بوده به دلیل عدم رسیدگی و تشدید معضل‌های طی سال‌های بعد تبدیل به یک اشکال اساسی در سیستم شود.

تقریباً هیچ‌یک از طرح‌های فوق متصدی بهره‌برداری و نظارت مستمر ندارد. ایین بهره‌ببرداری و نظارت دارای یک اللزام فننی در خصوص افراد در محل است که عبارت است از حضور متصدی در زمان وقوع سیل در محل، چرا که طرح‌هایی که دارای دریچه آبگییر، دریچه تخلیه رسوب، لوله‌های تخلیه سیلاب در بدنه سازه‌های خاکی و نظایر آن است، لازم است در زمان وقوع سیلاب متناسب با روند هیدرولیکی جریان رودخانه و عملکرد سیستم تغذیه مصنوعی پایش و مدیریت شود. مثلاً بازکردن به‌موقع دریچه‌های برداشت آب یا تخلیه رسوب می‌توان از بسیاری از تخریب‌های محتمل جلوگیری کنند. ببازکردن ببه‌موقع شیرهای تخلییه تحتتانی از انسداد لوله‌ها جلوگیری می‌کند. متأسفانه طرح‌های تغذیه مصنوعی در کشور معمولاً فاقد برنامه بهره‌برداری و نظارت از بعد نیروی انسانی است.

شکل ۱۳: وضعیت نمونه‌ای از شیرهای تخلیه تحتانی بلااستفاده در پروژه‌ها

نتایج

در سطح استان خراسان تعداد ۲۴ پروژه تحت عنوان طرح‌های تغذیه مصنوعی توسط شرکت سهامی آب منطقه خراسان ممدیریت می‌شود. از این تعداد ۱۴ پروژه به‌صورت خاکریزهای متوالی در مسیر رودخانه(۷ مورد) و حوضچه‌های تغذیه در خارج از بستر رودخانه اجراشده است(۷ مورد). این طرح‌ها با توجه به نقش مهم آن در مدیریت منابع آب در خشکسالی‌ها مستلزم نگاه فنی و کارشناسی در مراحل مختلف مطالعه، اجرا و بهره‌برداری است. در این مقاله سعی شده است با نگاه نقادانه به پروژه‌های تغذیه مصنوعی اجراشده در استان خراسان رضوی پرداخته شود. نتایج بررسی نشان می‌دهد ۲۸ درصد پروژه‌ها در برآورد هیدرولوژی رواناب و سیلاب دچار مشکل هستند. این موضوع در تحقیق زینالی(۱۳۷۸) نیز به عنوان مشکل در مرحله طراحی مطرح شده ببود. ۴۳ درصد طرح‌ها با مشکل رسوبات مواجه بوده و در ۷۱ درصد طرح‌ها اشکالات اجرایی وجود دارد. اسلامی و همکاران(۱۳۸۶) و رجائی و خداشناس(۱۳۸۹) نیز مشکلات اجرایی را در تحقیق خود بیان کرده بودند. همچنین مشکل آبشویی پایین‌دست سازه‌های صلب با ۷۱ درصد فراوانی و نواقص تجهیزات مکانیکال با ۲۸ درصد در مجموعه طرح‌های موردبررسی مشاهده‌شده است. مشکل فرسایش در مطالعات عادلپور و صوفی(۱۳۸۸) بیان شده بود. مرور کلی اشکالات موجود در پروژه‌های مورد ارزیابی نشان می‌دهد بخش عمده‌ی اشکالات مربوط به مرحله مطالعات و بخش نظارت در مرحله اجرا است. در قسمت مطالعات عدم توجه به مباحث مهمی نظیر مطالعات مهندسی رودخانه و هیدرولیک جریان رسوب موجب شده است اشکالاتی در پروژه‌ها مشاهده شود که راه حل فنی آن در منابع و مراجع فنی وجود دارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود فرض می‌دانند از حمایت‌های شرکت سهامی آب منطقه خراسان رضوی خصوصاً معاونت حفاظت و بهره‌برداری که زمینه انجام این مطالعات را فراهم نمودند قدردانی نمایند. همچنین از مدیریت محترم عامل شرکت مهندسین مشاور سازآب شرق و کارشناسان محترم واحد مطالعات شرکت به‌واسطه تدوین گزارش‌ها و تهیه نقشه‌ها قدردانی می‌شود.

منابع

- اسلامی، ع.، ر. عباسی، ع.، ا. آثم، ح، و ا. کرجی. ۱۳۸۶. ارزیابی سیستم و اصلاح طرح تغذیه مصنوعی فاروب- رومان. دومین کنفرانس ملی تجربه‌های ساخت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. ۱۲ص.
- بصیرپور، ع. حاجیان‌نژاد، م، و م.بکی. ۱۳۹۵. ارزیابی طرح‌های تغذیه مصنوعی اجراشده در استان اصفهان. مجله علمی- ترویجی سامانه‌های سطوح آبگیر باران. دوره ۴. جلد ۳. ص ۵۱-۶۰.
- بیرامی، م.، ک. ۱۳۷۶. سازه‌های انتقال آب. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۶۲ ص.
- تلوری، ع. ۱۳۸۳. اصول مقدماتی مهندسی و ساماندهی رودخانه. انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری. ۴۵۲ ص.
- رجائی، س.، ح و س.، ر. خداشناس. ۱۳۸۹. تحلیل هیدرولیکی توزیع مساوی جریان در سرریزهای کانال آبرسان- گسترشی شبکه‌های پخش سیلاب بر آبخوان. ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری. دانشگاه تربیت مدرس. ۷ص.
- زینالی، ع. ۱۳۷۸. ارزیابی طراحی و عملکرد طرح تغذیه مصنوعی دشت امامزاده جعفر گچساران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی- آب‌های زیرزمینی. دانشگاه شیراز. ۳۴۲ص.
- شرکت سهامی آب منطقه خراسان رضوی. آرشیو فنی مجموعه مطالعات طرح‌های تغذیه مصنوعی.
- عادلپور، ع و م، صوفی. ۱۳۸۸. بررسی هیدرولیکی جریان در پروژه‌ی پخش سیلاب کوثر به‌منظور تعیین فاصله بین کانال‌های پخش. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. دوره ۳. شماره ۷. ص ۱-۶.
- کوثر، س.، آ. رهبر، ا. مرتضوی جهرمی، م و ح. حبیبیان. ۱۳۷۶. بررسی طرح پژوهشی- ترویجی ایجاد مراتع مشجر و تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها با کاربرد روش گسترش سیلاب. مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان فارس، بخش حفاظت خاک و آبخیزداری. ۳۴ ص.
- کیخسروی، ق و ز. یارمرادی. ۱۳۹۳. مکانیابی سایت های مناسب تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی و مناطق پخش سیلاب با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعه موردی: شهرستان سبزوار). مجله اطلاعات جغرافیایی سپهر. دوره ۲۳. شماره

۹۰. ص ۲۵-۳۱.

- مصطفایی، ا. کلانتری، ن و م.، م. خیرخواه زرکش. ۱۳۹۵. تعیین معیارهای تأثیرگذار در موفقیت طرح‌های پخش سیلاب. نشریه علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. سال دهم. شماره ۳۵. ص ۱-۸.
- نعمایی، م.، ر. حبیبی، م و س.، م.، ص. جلال‌الدینی کرکی. ۱۳۹۳. بررسی دبی عبوری از سرریز جانبی در سیستم‌های پخش سیلاب-گزارش فنی. نشریه علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. سال هشتم. شماره ۲۶. ص ۶۵-۶۷.
- Balamurugan., N. and B. Anuradha. 2013. Artificial Ground Water Recharge Using Surplus Rainwater In Chidambaram Taluk. International Journal of Engineering Research & Technology. Vol. 2 Issue 4. Pp 2410-2415.
- Nasiri, H., Darvishi Boloorani, A., Faraji Sabokbar, H., Jafari, H,. Rafii, Y,. 2013. “Determining the most suitable areas for artificial groundwater recharge via an integrated PROMETHEE II-AHP method in GIS environment (case study: Garabaygan Basin, Iran)”, Environmental Monitoring and Assessment. January 2013,Volume 185, Issue 1, pp 718-707.
- Jha, B. M., Manual on Artificial Recharge of Ground Water. 2007. Government of india ministry of ground board. 198 p.
- Rahman, M. A., Rusteberg, B., Gogu, R. C., Lobo Ferreira, J. P., & Sauter, M. 2012. A new spatial multi-criteria decision support tool for site selection for implementation of managed aquifer recharge. Journal of Environmental Management, 75-61 ,99