

مدیریت منابع آب سیستان با رویکرد مقابله با پدیده ریزگردها و بیابان‌زایی

سعیده خالدی^۱، محمد نهتانی^۲ و محمدرضا دهمرده قلعه‌نو*^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد بیابان‌زایی، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل و ^۲ و ^۳ استادیار، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۱۱

چکیده

مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب در مناطق خشک از اهمیت فراوانی برخوردار است تا ضمن بالاترین بهره‌وری از منابع آب خسارت‌های ناشی از کمبود آب در این مناطق به کمینه برسد. هدف از تحقیق حاضر مدیریت منابع آب با رویکرد مقابله با پدیده ریزگردها و بیابان‌زایی در منطقه سیستان با استفاده از روش برنامه‌ریزی GOAL اولیتهی بوده است. برنامه‌ریزی هدف اولیتهی از مهمترین روش‌های حل مسائل بهینه‌سازی چند هدفه است. برای طراحی مدل تحقیق از محیط برنامه‌نویسی GAMS استفاده شده است. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که بر طبق نظرات کارشناسان به‌منظور مقابله با پدیده ریزگردها، اولیتهای انتقال آب از مخازن آبی چاه نیمه‌ها و رودخانه سیستان پس از تامین نیازهای آبی مصارف خانگی، کانون‌های بحرانی تالاب هامون و مناطق نهال‌کاری کانون‌های برداشت رسوبات بادی می‌باشد. بدین منظور، پس از اجرای مدل تحقیق و در شرایط مدیریت بهینه منابع آب، علاوه بر تامین تمام نیازهای آبی بخش مصارف خانگی، میزان انتقال آب به دریاچه هامون برای تامین کمینه نیاز آبی آن، ۶۱/۴ میلیون متر مکعب افزایش را نشان داد و بدین ترتیب آب مورد نیاز برای تثبیت کانون‌های بحرانی تالاب هامون به‌طور کامل تأمین شد. همچنین، در شرایط مدیریت بهینه، میزان انتقال آب به بخش‌های نهال‌کاری شمال شهرک محمد شاه‌کرم و جزینک به ترتیب به میزان ۱۳/۸۲ و ۷/۷۶ میلیون متر مکعب یعنی بیش از دو برابر شرایط فعلی افزایش پیدا کرده، در نتیجه تمام نیازهای آبی این بخش‌ها نیز به‌طور کامل برطرف شده است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که در شرایط مدیریت بهینه آب علاوه بر تامین نیازهای اساسی منطقه، می‌توان انتقال آب به کانون‌های بحرانی برداشت رسوبات را افزایش و باعث تثبیت این مناطق شد.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی GOAL، برنامه‌نویسی GAMS، بهره‌برداری از منابع آب، تالاب هامون، مناطق خشک

مقدمه

کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر است، بحران کمبود آب یک مسئله مهم و اساسی به شمار می‌رود (Dahmardeh و Ghaleno و همکاران، ۲۰۱۶). در ایران حدود ۲۹ تالاب بزرگ و کوچک وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به تالاب بین‌المللی

حدود ۸۰ درصد از اراضی کشور در حوضه مناطق خشک و نیمه‌خشک تا خشک نیمه‌مرطوب قرار دارد و از این نظر دارای شرایط اکولوژیکی شکننده‌ای است. در مناطق خشک و فراخشک که عموماً میزان بارندگی

هامون سیستان اشاره کرد که هفتمین تالاب بین‌المللی جهان و یکی از ذخیره‌گاه‌های زیست کره در ایران می‌باشد. شناسایی و تخصیص آب زیست محیطی تالاب‌ها نقش موثری در حفاظت از عملکردهای اکوسیستم خواهد داشت. برقراری تعادل بین نیازهای اکوسیستم‌های آبی و سایر مصارف آب در یک حوضه، اصلی‌ترین مشغله فکری در مدیریت کلان آب در سطح جهان است (Smakhtinet و همکاران، ۲۰۱۴). رژیم جریان در یک اکوسیستم آبی از دیدگاه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی، محیط زنده را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین، تامین آب کافی برای حفظ فرایندهای اکولوژیکی محیط آبی بسیار ضروری است تا ضمن حفظ کارکردهای اصلی آن از تخریب و بیابانی شدن تالاب‌ها جلوگیری شود (Dyson و همکاران، ۲۰۰۳).

با وجود این‌که بیشتر رودخانه‌ها و حوضه‌های رودخانه‌ای جهان به دلیل تخصیص‌های بی‌رویه برای نیازهای بشری دچار شکنندگی ساختار اکوسیستم‌های آبی شده‌اند، اما مطالعات گسترده، دنباله‌دار و استاندارد در سطح جهان صورت نگرفته است (Piri، ۲۰۱۰) و هم اکنون نیز بیشتر تالاب‌های ایران به دلیل عدم تامین نیازهای آبی آن‌ها دچار تخریب گشته که خود منشا برداشت رسوبات بادی در منطقه شده و عواقب زیست محیطی فراوان دیگری را به همراه داشته‌اند (Piri، ۲۰۱۰). بنابراین، باید پهنه‌های وسیع اراضی بیابانی، اراضی در معرض بیابان‌زایی و اراضی محدوده تالاب‌های کویری ایران را به گونه‌ای مدیریت کرد که تمام پتانسیل‌ها و فرصت‌ها را بتواند به فعالیت درآورده و تهدیدها و چالش‌هایی که این مناطق با آن‌ها روبرو است را در برنامه‌ریزی‌ها در نظر بگیرد. مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب در مناطق خشک از اهمیت فراوانی برخوردار است تا ضمن بیشترین بهره‌وری از منابع آب خسارت‌های ناشی از کمبود آب در این مناطق به کمینه برسد. استفاده از روش‌های تحلیلی و بهینه‌سازی می‌تواند بخشی از مشکلات موجود را رفع نماید (Saber Chenari و همکاران، ۲۰۱۲). برنامه‌ریزی آرمانی با رویکرد تحلیلی جبری برای حل بسیاری از مسائل واقعی استفاده می‌شود (Chin، ۲۰۰۹). Cristobal

در تحقیق خود از برنامه‌ریزی هدف برای تجزیه و تحلیل سیاست‌های زیست محیطی در اسپانیا استفاده کرد. وی بیان کرد که این مدل ترکیبی است از روابط بین اثرات اقتصادی، اجتماعی، انرژی و زیست محیطی که به ارائه اطلاعات با ارزش برای سیاست‌گذاران به منظور بررسی اهداف مختلفی که برای رسیدن به توسعه پایدار لازم است منجر می‌شود. Nabendu و Manish (۲۰۱۲) به بررسی کاربرد برنامه‌ریزی هدف در بخش مدیریت منابع طبیعی پرداختند. آن‌ها بیان کردند با توجه به این‌که مشکلات دنیای واقعی به‌طور عمده به اهداف چندگانه مربوط می‌شوند، استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی در سامانه مدیریت امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. یک مدل برنامه‌ریزی چندهدفه مانند مدل برنامه‌ریزی آرمانی که ابزار مهم برای مطالعه جنبه‌های مختلف سامانه‌های مدیریت است. Shang (۲۰۱۵) از روش برنامه‌ریزی چند هدفه برای کمینه جریان آب زیست محیطی رهاشده از دو رودخانه و کمینه سطح آب یک دریاچه در سینکیانگ در شمال چین پرداخت. نتایج نشان داد که کمینه جریان زیست محیطی از رودخانه‌ها ۸۳ متر مکعب در ثانیه در طول فصل تولید مثل ماهی و در سایر فصول ۲۲ متر مکعب در ثانیه به دست آمد. همچنین، کمینه سطح دریاچه برای اهداف زیست محیطی ۱۹۱/۲ متر محاسبه شد.

با توجه به بررسی مطالعات انجام شده می‌توان بیان کرد که استفاده از روش برنامه‌ریزی هدف برای مدیریت منابع طبیعی از کارایی بالایی برخوردار است. از طرفی با توجه به ویژگی‌های اقلیمی خاص منطقه سیستان و اهمیت حیاتی آب در منطقه، باید با بهره‌برداری بهینه از منابع آب ضمن تامین نیازهای اساسی، از پدیده بیابانی شدن دشت سیستان و متعاقب آن بروز ریزگردها و طوفان‌های گرد و غبار جلوگیری کرد. هدف از پژوهش حاضر، مدیریت منابع آب در منطقه سیستان با رویکرد مقابله با پدیده بیابان‌زایی و بروز ریزگردها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش: سیستان با مساحتی در حدود ۱۵۱۹۷ کیلومتر مربع جلگه پست و همواری در

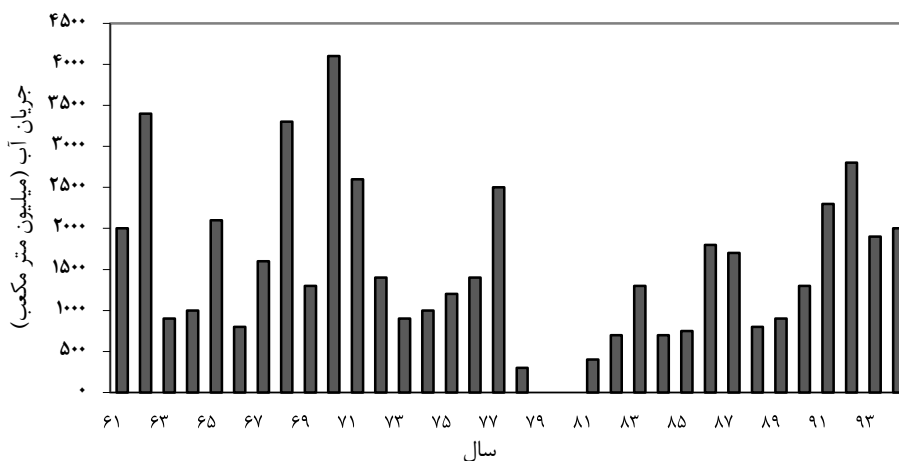
سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ صفر بوده است (Sistan and Baluchestan Regional Water Company, ۲۰۱۵).

موارد مصرف آب در سیستان شامل بخش‌های مصارف خانگی، کشاورزی و محیط زیست می‌باشد. در منطقه سیستان با توجه به این‌که ورود آب یک منبع خارجی دارد و وابسته به کشور افغانستان بوده، کمبود و بحران آب یک امر اساسی در منطقه به حساب می‌آید. از طرفی، با توجه به ویژگی‌های اقلیمی سیستان و وجود بادهای ۱۲۰ روزه که از اواخر اردیبهشت شروع شده و تا اواخر شهریور ادامه دارد و بحران و کمبود آب از طرفی دیگر، بروز طوفان‌های گرد و غبار را در سیستان سبب شده که از مشکلات اساسی منطقه به حساب می‌آید. وجود ریزگردها باعث مشکلات زیست محیطی فراوانی گشته، زندگی و سلامت ساکنین منطقه را مورد تهدید جدی قرار داده است. یکی از کانون‌های اصلی برداشت رسوبات بادی دریاچه هامون و مناطق فاقد پوشش گیاهی بوده که کمبود و عدم مدیریت صحیح آب باعث بیابانی شدن این مناطق شده، این مناطق را مستعد برداشت رسوبات بادی کرده که خود وجود ریزگردها را در سیستان سبب می‌شود.

روش تحقیق: در این پژوهش، در ابتدا به‌منظور شناخت عوامل اصلی تشدید کننده فرسایش بادی و بروز ریزگردها و همچنین، اولویت‌های انتقال آب در منطقه سیستان اقدام به مصاحبه و تکمیل پرسشنامه به‌وسیله کارشناسان مربوطه در منطقه سیستان شده است.

منتهی‌الیه مرز شرقی کشور در شمال استان سیستان و بلوچستان و در محدوده جغرافیایی $18^{\circ} 36' 60''$ تا $24^{\circ} 48' 61''$ طول شرقی و $30^{\circ} 03' 32''$ تا $50^{\circ} 22' 31''$ عرض شمالی قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا بین ۴۷۵ تا ۵۰۰ متر است. اقلیم منطقه سیستان گرم و خشک می‌باشد. میزان متوسط بارندگی سالانه منطقه $52/3$ میلی‌متر، تبخیر 4700 میلی‌متر و دمای متوسط سالانه آن حدود $21/9$ درجه سانتی‌گراد با تغییرات فصلی بسیار شدید است (Sistan and Baluchestan Regional Water Company, ۲۰۱۴).

منابع آب دشت سیستان وابسته به رودخانه هیرمند است. این رودخانه در مرز شرقی کشور ایران از خاک افغانستان وارد سیستان می‌شود و تنها منبع تأمین آب سیستان محسوب می‌شود. شاخه‌ای از رودخانه هیرمند که وارد خاک ایران می‌شود، رودخانه سیستان نامیده می‌شود. این رودخانه پس از مشروب کردن اراضی کشاورزی سیستان آب باقی‌مانده را به تالاب هامون می‌ریزد. رودخانه سیستان عمده‌ترین منبع تأمین آب سیستان می‌باشد که اولین کانال منشعب از آن، کانال ورودی به مخازن آبی چاه نیمه‌ها است. متوسط آورد سالانه رودخانه سیستان 1530 میلیون متر مکعب آب می‌باشد. شکل ۲، جریان آب سالانه رودخانه سیستان طی سال‌های ۱۳۶۱ تا ۱۳۹۴ را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۱، بیشترین میزان آب ورودی در طی ۳۴ سال اخیر مربوط به سال ۱۳۷۰ با 4150 میلیون متر مکعب و میزان ورودی آب در



شکل ۱- جریان آب ورودی رودخانه سیستان در طی سال‌های ۱۳۶۱ تا ۱۳۹۴

آرمان انتقال آب به بخش جنگل کاری جزینک:
رابطه (۳) آرمان آب مورد نیاز بخش جنگل کاری جزینک را نشان می‌دهد.

$$Trans_{jaz.m} + d_{jaz.m}^- - d_{jaz.m}^+ = Go_{jaz.m} \quad (3)$$

$$m=1, \dots, 12$$

که در آن، $Trans_{jaz.m}$ میزان انتقال آب به بخش جنگل کاری جزینک، $Go_{jaz.m}$ آرمان نیاز آبی بخش جنگل کاری جزینک و $d_{jaz.m}^-$ و $d_{jaz.m}^+$ به ترتیب انحرافات منفی و مثبت از سطح آرمان‌ها هستند.

آرمان انتقال آب به بخش جنگل کاری شمال شهرک محمد شاه‌کرم: رابطه (۴) آرمان آب مورد نیاز بخش جنگل کاری جزینک را نشان می‌دهد.

$$Trans_{sha.m} + d_{sha.m}^- - d_{sha.m}^+ = Go_{sha.m} \quad (4)$$

که در آن، $Trans_{sha.m}$ میزان انتقال آب به بخش جنگل کاری شمال شهرک محمد شاه‌کرم، $Go_{sha.m}$ آرمان نیاز آبی بخش جنگل کاری شمال شهرک محمد شاه‌کرم و $d_{sha.m}^-$ و $d_{sha.m}^+$ به ترتیب انحرافات منفی و مثبت از سطح آرمان‌ها می‌باشند.

آرمان تامین کمینه نیاز آب دریاچه هامون:

رابطه (۵) آرمان تامین کمینه آب دریاچه هامون را نشان می‌دهد.

$$Trans_{ham.m} + d_{ham.m}^- - d_{ham.m}^+ = Go_{ham.m} \quad (5)$$

$$m=1, \dots, 1$$

که در آن، $Trans_{ham.m}$ میزان انتقال آب به دریاچه هامون، $Go_{ham.m}$ آرمان تامین کمینه آب دریاچه هامون و $d_{ham.m}^-$ و $d_{ham.m}^+$ به ترتیب انحرافات منفی و مثبت از سطح آرمان‌ها می‌باشند.

تعیین اولویت‌های انتقال آب در منطقه سیستان:

در این تحقیق برای شناخت اولویت‌های انتقال آب از مخازن چاه نیمه‌ها و رودخانه سیستان برای مقابله با فرسایش بادی و پدیده ریزگردها در منطقه سیستان، اقدام به مصاحبه و تکمیل پرسش‌نامه به‌وسیله کارشناسان منطقه شده است. به‌منظور تحلیل آماری پرسش‌نامه کارشناسان و رتبه‌بندی اولویت‌های انتقال آب در سیستان از آزمون فریدمن استفاده شده است. آزمون فریدمن یک آزمون ناپارامتری، معادل تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری (درون گروهی است) که از آن برای مقایسه میانگین رتبه‌ها در بین k متغیر

جامعه آماری تحقیق برای تکمیل پرسش‌نامه‌ها، کلیه کارشناسان منابع آب و منابع طبیعی منطقه به تعداد ۳۴ نفر که شامل ۱۱ نفر از کارشناسان آب منطقه‌ای سیستان و بلوچستان، نه نفر از کارشناسان شرکت توسعه منابع آب و خاک سیستان، هفت نفر از کارشناسان بخش بیابان اداره منابع طبیعی زابل و هفت نفر از کارشناسان مرکز تحقیقات کشاورزی سیستان می‌باشند. سپس، به‌منظور مدیریت و تخصیص آب ورودی به منطقه سیستان بر اساس اولویت‌های تعیین شده از روش برنامه‌ریزی هدف اولیوی شکل توسعه یافته برنامه‌ریزی هدف اولیوی در بیشتر مسائل علاوه بر مشخص شدن اهداف به‌وسیله تصمیم گیرنده، درجه اهمیت اهداف به‌صورت رتبه‌هایی نیز مشخص می‌شوند. از این رو، مدل عمومی برنامه‌ریزی هدف به‌قرار زیر است (Romero و Rehman، ۲۰۰۳).

در بیشتر مسائل علاوه بر مشخص شدن اهداف به‌وسیله تصمیم گیرنده، درجه اهمیت اهداف به‌صورت رتبه‌هایی نیز مشخص می‌شوند. از این رو، مدل عمومی برنامه‌ریزی هدف به‌قرار زیر است (Romero و Rehman، ۲۰۰۳).

$$\text{Min} Z = [h_1(d^+ d^-), h_2(d^+ d^-), \dots, h_k(d^+ d^-)]$$

$$f_i(x) + d_j^+ - d_j^- = b_j \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (1)$$

$$i = 1, 2, \dots, n \quad x, d_j^+, d_j^- \geq 0 \quad d_j^+ \cdot d_j^- = 0$$

که در آن، h_k مشخص کننده آرمان k ام، b_j میزان موجودی از منبع j ام، $f_i(x)$ تابع هدف i ام حاصل از فعالیت‌های مختلف، d_j^+ معرف متغیر مازاد و d_j^- معرف متغیر کمبود است.

تابع هدف تحقیق: تابع هدف برنامه‌ریزی لکزیوگرافی به‌صورت رابطه (۲) می‌باشد.

$$\text{Min} Z = p_1 d_1^- + p_2 d_2^- + p_3 d_3^- + p_4 d_4^- \quad (2)$$

که در آن، p اولویت هر یک از آرمان‌های انتقال آب به بخش‌های مختلف بر اساس رویکرد مقابله با پدیده بیابان‌زایی و d^- انحرافات منفی از هر یک از آرمان‌های مدل است.

آرمان تامین آب کانون‌های بحران برداشت

رسوبات بادی: این آرمان شامل تامین آب بخش‌های حساس دریاچه هامون و مناطق جنگل کاری شده کانون‌های بحران برداشت رسوبات در منطقه سیستان است. مناطق حساس جنگل کاری شده سیستان شامل مناطق جزینک، شمال شهرک محمد شاه‌کرم، نیاتک و مناطق بحرانی و حساس دریاچه هامون می‌باشد.

تحلیل داده‌ها به وسیله آزمون فریدمن در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- نتایج آزمون فریدمن در مورد نظرات کارشناسان

N	Chi-Square	Df	Asymp. Sig
(تعداد)	(مربع خی)	(درجه آزادی)	(سطح معنی‌داری)
۳۴	۹۷/۴	۱۴	۰/۰۰۰

در بررسی نتایج آزمون فریدمن که در جدول ۱ آورده شده است، با توجه به صفر بودن سطح معنی‌داری، فرضیه H0 رد می‌شود، به این معنا که اولویت انتقال آب در منطقه سیستان از دیدگاه کارشناسان متفاوت می‌باشد. جدول ۲ رتبه‌بندی اولویت‌های انتقال آب در منطقه را نشان می‌دهد. بر اساس جدول ۲، تامین آب مصارف خانگی بالاترین رتبه و انتقال آب به صنعت پایین‌ترین رتبه را به خود اختصاص داده است.

(گروه) استفاده می‌شود. فرمول محاسبه آزمون فریدمن به صورت رابطه (۶) است.

$$X^2 = \frac{12}{N.K(K+1)} \sum_{j=1}^k R^2 - 3N(K+1) \quad (6)$$

که در آن، N تعداد سطر (آزمودنی‌ها)، K تعداد ستون (تعداد سوالات)، و R حاصل جمع رتبه‌ها در ستون نام می‌باشد. در آزمون فریدمن فرض H0 مبتنی بر یکسان بودن میانگین رتبه‌ها در بین گروه‌ها است. رد شدن فرض صفر به این معنی است که در بین گروه‌ها دست‌کم دو گروه با هم اختلاف معنی‌داری دارند.

نتایج و بحث

به منظور شناخت اولویت‌های انتقال آب برای مقابله با فرسایش بادی و پدیده ریزگردها در منطقه سیستان اقدام به مصاحبه و تکمیل پرسش‌نامه به وسیله کارشناسان منطقه کرده که نتایج تجزیه و

جدول ۲- نگرش کارشناسان در مورد اولویت‌های انتقال آب در منطقه سیستان

ردیف	اولویت انتقال آب	رتبه	میانگین امتیاز
۱	مصارف خانگی و شرب	۱	۴
۲	بخش‌های حساس و کانون‌های بحرانی تالاب هامون	۲	۳/۳
۳	مناطق جنگل‌کاری کانون‌های برداشت رسوبات	۳	۲/۹
۴	کشاورزی	۴	۱/۸
۵	صنعت	۵	۰

می‌شود، جدول ۳ نیاز آبی و میزان انتقال بهینه آب به این بخش‌ها را به صورت سالانه نشان می‌دهد. همان‌طور که از جدول ۳ ملاحظه می‌شود، تمام نیازهای آبی مصارف خانگی روستاهای زابل و شهرستان زابل در شرایط تخصیص بهینه تامین می‌شود، اما با توجه به این‌که ظرفیت انتقال لوله انتقال آب به شهرستان زاهدان محدود است، میزان انتقال آب به زاهدان کمتر از نیاز آبی شهرستان زاهدان می‌باشد.

پس از مشخص شدن اولویت‌های انتقال آب به بخش‌های مختلف سیستان، برای کنترل فرسایش بادی و بروز ریزگردها برای بهره‌برداری بهینه آب با این رویکرد از روش برنامه‌ریزی هدف اولیوی استفاده شده است.

تخصیص آب به بخش مصارف خانگی: با توجه به این‌که در منطقه سیستان نیاز آبی بخش مصارف خانگی به سه بخش مصارف خانگی روستاهای زابل، شهرستان زابل و مصارف خانگی زاهدان تقسیم‌بندی

جدول ۳- نیاز آبی و تخصیص بهینه سالانه آب به بخش‌های مختلف مصارف خانگی

مصارف خانگی	روستاهای زابل	شهرستان زابل	شهرستان زاهدان
نیاز آبی	۱۳/۴۴	۱۹/۷۲	۵۴/۷
تخصیص بهینه	۱۳/۴۴	۱۹/۷۲	۳۱/۷

تخصیص آب به بخش‌های حساس و کانون‌های بحرانی تالاب هامون (تامین کمینه آب دریاچه هامون): طبق برآورد و گزارش مشترک سازمان حفاظت محیط زیست و برنامه توسعه سازمان ملل متحد در سال ۱۳۹۲، سالانه حدود ۸۸ میلیون متر مکعب آب از مخازن آبی چاه نیمه برای حفظ کارکردهای اصلی اکوسیستم دریاچه هامون به‌عنوان

دستیابی به اهداف زیست محیطی منطقه باید در نظر گرفته شود (Environmental Protection Agency، ۲۰۱۳) که در جدول ۴ نیاز آبی برای حفظ کارکردهای اصلی دریاچه هامون برای جلوگیری از خشک شدن و بروز طوفان‌های گرد و غبار به همراه تخصیص بهینه آب به این مناطق به‌صورت ماهانه آورده شده است.

جدول ۴ - کمینه نیاز آبی و تخصیص فعلی و بهینه ماهانه آب به دریاچه هامون (میلیون متر مکعب)

ماه	کمینه نیاز آبی	تخصیص فعلی	تخصیص بهینه
فروردین	۷/۲	۰	۷/۲
اردیبهشت	۷/۵	۰	۷/۵
خرداد	۷/۲	۰	۷/۲
تیر	۷/۵	۰	۷/۵
مرداد	۷/۵	۵/۱	۷/۵
شهریور	۷/۲	۹/۱	۷/۲
مهر	۷/۵	۰	۷/۵
آبان	۷/۲	۰	۷/۲
آذر	۷/۵	۰	۷/۵
دی	۷/۵	۸/۸	۷/۵
بهمن	۷/۵	۳/۶	۷/۵
اسفند	۶/۷	۰	۶/۷
جمع	۸۸	۲۶/۶	۸۸

تخصیص آب به بخش نهال‌کاری شمال شهرک محمد شاه‌کرم: با توجه به این‌که در منطقه شمال شهرک محمد شاه‌کرم واقع در شهرستان زهک برای جلوگیری از فرسایش بادی و بروز ریزگردها نهال‌کاری به‌وسیله درختان گز صورت گرفته که مساحت این اراضی حدود ۲۸۵۰ هکتار می‌باشد، جدول ۵ نیاز آبی و تخصیص فعلی و بهینه آب به این بخش را به‌صورت ماهانه نشان می‌دهد. بر اساس جدول ۵ مشخص می‌شود، در شرایط تخصیص بهینه آب اختصاص یافته به بخش نهال‌کاری شهرک محمد شاه‌کرم ۲/۵ برابر بیشتر از تخصیص فعلی می‌باشد.

تخصیص آب به بخش نهال‌کاری جزینک: با توجه به این‌که در منطقه جزینک واقع در بخش غربی شهرستان زهک برای جلوگیری از فرسایش بادی و بروز ریزگردها نهال‌کاری به‌وسیله درختان گز صورت گرفته که مساحت این اراضی حدود ۱۹۲۰ هکتار می‌باشد، جدول ۶ نیاز آبی و تخصیص فعلی و بهینه آب به این بخش را به‌صورت ماهانه نشان می‌دهد. بر اساس جدول ۲ مشخص می‌شود، در شرایط تخصیص بهینه آب اختصاص یافته به بخش نهال‌کاری جزینک حدود دو برابر بیشتر از تخصیص فعلی می‌باشد.

جدول ۵- نیاز آبی و تخصیص فعلی و بهینه ماهانه آب به بخش نهال کاری شهرک محمد شاه کرم

ماه	نیاز آبی	تخصیص فعلی	تخصیص بهینه
فروردین	۲/۲۲	۲/۱	۲/۲۲
اردیبهشت	۲/۲۲	۲/۹	۲/۲۲
خرداد	۲/۲۲	۰	۲/۲۲
تیر	۲/۲۲	۰	۲/۲۲
مرداد	۲/۲۲	۰	۲/۲۲
شهریور	۲/۲۲	۰	۲/۲۲
مهر	۱/۵۳	۰	۱/۵۳
آبان	۱/۵۳	۱/۸	۱/۵۳
آذر	۱/۵۳	۰/۶۷	۱/۵۳
دی	۱/۵۳	۰	۱/۵۳
بهمن	۱/۵۳	۰	۱/۵۳
اسفند	۱/۵۳	۱/۲	۱/۵۳
جمع	۲۲/۵	۸/۶۷	۲۲/۵

جدول ۶- نیاز آبی و تخصیص فعلی و بهینه ماهانه آب به بخش نهال کاری جزینک

ماه	نیاز آبی	تخصیص فعلی	تخصیص بهینه
فروردین	۱/۴۹	۱/۸۸	۱/۴۹
اردیبهشت	۱/۴۹	۱/۳	۱/۴۹
خرداد	۱/۴۹	۱/۳	۱/۴۹
تیر	۱/۴۹	۰	۱/۴۹
مرداد	۱/۴۹	۰	۱/۴۹
شهریور	۱/۴۹	۰	۱/۴۹
مهر	۱/۰۳	۰	۱/۰۳
آبان	۱/۰۳	۱/۱	۱/۰۳
آذر	۱/۰۳	۱/۷۸	۱/۰۳
دی	۱/۰۳	۰	۱/۰۳
بهمن	۱/۰۳	۰	۱/۰۳
اسفند	۱/۰۳	۰	۱/۰۳
جمع	۱۵/۱۲	۷/۳۶	۱۵/۱۲

اختصاص یافته به بخش کشاورزی سیستان ۲۳/۳ درصد نسبت به تخصیص فعلی افزایش را نشان می‌دهد.

میزان آب انتقالی به دریاچه هامون در شرایط مدیریتی مختلف: با توجه به نظرات کارشناسان و اطلاعات به دست آمده از منطقه، بخش‌های حساس و کانون‌های بحرانی تالاب هامون مهمترین عامل بروز

تخصیص آب به بخش کشاورزی سیستان: با توجه به این‌که کشاورزی سیستان به سه بخش اراضی کشاورزی منطقه زهک، سیستان (شیب آب و پشت آب) و اراضی کشاورزی منطقه میانکنگی می‌شود، جدول ۷ نیاز آبی، تخصیص فعلی و تخصیص بهینه آب به این مناطق را نشان می‌دهد. بر اساس جدول ۲ مشخص می‌شود، در شرایط تخصیص بهینه، آب

موجود صورت گرفته است. سناریوهای سوم و چهارم به ترتیب افزایش راندمان‌های انتقال و آبیاری در مزرعه را نشان می‌دهند و سناریوی پنجم اثرات کاهش تبخیر از مخازن چاه نیمه‌ها را بررسی می‌کند. با توجه به شکل ۲، در شرایط فعلی (سناریوی ۱) و بدون تخصیص بهینه آب، میزان انتقال آب به دریاچه هامون در کمترین وضعیت خود قرار دارد ولی در سناریوی ۲ و تخصیص بهینه آب، آب انتقالی به دریاچه هامون حدود ۹۶ میلیون متر مکعب در سال افزایش می‌یابد. همچنین، ملاحظه می‌شود که در سناریوی ۴ یعنی افزایش راندمان آبیاری در کشاورزی، آب انتقالی به دریاچه هامون در بالاترین مقدار قرار دارد.

ریزگردها و طوفان‌های گرد و غبار در منطقه می‌باشد که در صورت تامین نیازهای کمینه آب تالاب هامون تا حدود زیادی از طوفان‌های گرد و غبار در منطقه کاسته می‌شود. شکل ۲، میزان آب انتقالی به دریاچه هامون تحت سناریوهای مختلف مدیریت آب در منطقه را نشان می‌دهد. سناریوهای مدیریتی تحقیق با توجه به جدول ۸ به پنج گروه تقسیم‌بندی شده‌اند. سناریوی اول وضعیت موجود منطقه را نشان می‌دهد که در شرایط فعلی راندمان انتقال آب از مخازن چاه نیمه و رودخانه سیستان به اراضی کشاورزی ۵۵ درصد و راندمان آبیاری در مزرعه ۳۵ درصد می‌باشد. در سناریوی دوم تخصیص بهینه آب بر اساس شرایط

جدول ۷- نیاز آبی و تخصیص فعلی و بهینه سالانه آب به بخش‌های مختلف کشاورزی سیستان

مناطق کشاورزی	زهک	سیستان (شیب آب و پشت آب)	میانکنگی
نیاز آبی	۱۴۰/۱۱	۲۷۶/۳	۲۰۴/۶
تخصیص فعلی	۴۹/۹۲	۹۲/۱۲	۷۷/۳۱
تخصیص بهینه	۶۷/۲۱	۱۱۲/۱۲	۹۱/۲

جدول ۸- مشخصات سناریوهای مدیریتی تحقیق

ردیف	سناریو	توصیف
۱	وضعیت موجود	در شرایط موجود راندمان انتقال آب از مخازن چاه نیمه و رودخانه سیستان به اراضی کشاورزی ۵۵ درصد و راندمان آبیاری در مزرعه ۳۵ درصد می‌باشد.
۲	تخصیص بهینه در شرایط موجود	مدیریت بهینه آب بر اساس وضعیت موجود انجام گرفته است.
۳	افزایش راندمان انتقال آب	راندمان انتقال آب از مخازن چاه نیمه و رودخانه سیستان به اراضی کشاورزی ۲۰ درصد افزایش پیدا کرده است.
۴	افزایش راندمان آبیاری در کشاورزی	راندمان آبیاری در مزرعه ۱۵ درصد افزایش پیدا کرده است.
۵	کاهش تبخیر از مخازن آبی چاه نیمه‌ها	تبخیر از مخازن آبی چاه نیمه‌ها ۳۰ درصد کاهش پیدا کرده است.

در اولویت اول بود، تامین می‌شود و کمبود آب در این بخش مشاهده نشد.

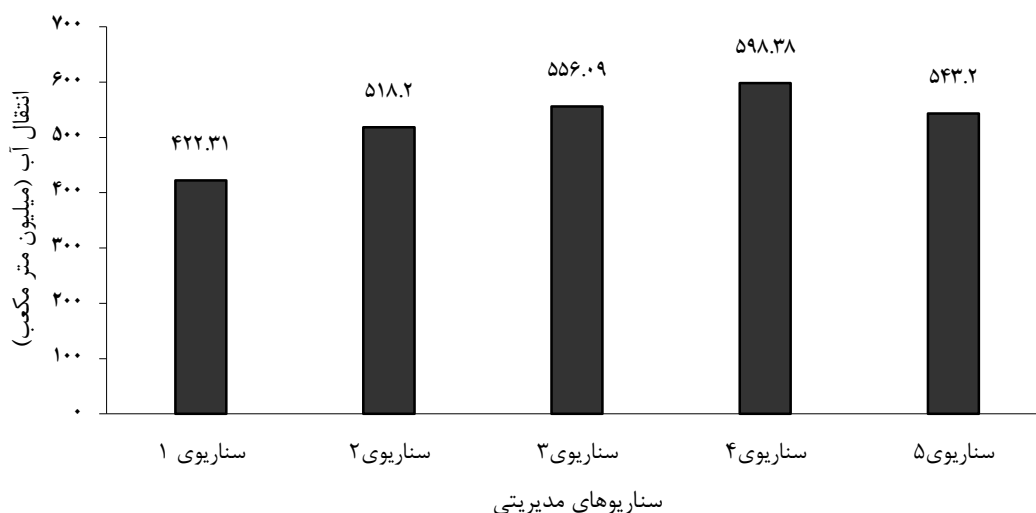
با توجه به این که در مناطق حساس و کانون‌های برداشت رسوبات بادی در منطقه سیستان هر ساله نهال کاری برای تثبیت این مناطق صورت می‌گیرد که متأسفانه به دلیل عدم تامین آب مورد نیاز بخش‌های نهال کاری شده در سال‌های بعد از کشت، این مناطق تثبیت نشده و باعث از بین رفت نهال‌های کشت شده می‌شود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که در شرایط بهره‌برداری بهینه از منابع آب امکان افزایش انتقال آب به قسمت‌های نهال کاری منطقه شمال

در منطقه سیستان با توجه به این که آب یک عنصر کمیاب و تعیین کننده به حساب می‌آید، در ابتدا برای مدیریت منابع آب منطقه در جهت مقابله با پدیده ریزگردها و طوفان‌های گرد و غبار، اولویت‌های مصرف آب در منطقه مشخص و بر اساس آن تخصیص و بهره‌برداری بهینه از منابع آب صورت گرفت تا ضمن تأمین بالاترین نیازهای اساسی منطقه، آب لازم برای احیاء کانون‌های برداشت رسوبات بادی و منشاء بروز ریزگردها منتقل و باعث تثبیت این مناطق شود. در شرایط تخصیص بهینه مشخص شد که تمام نیازهای آبی مصارف خانگی سیستان که از دیدگاه کارشناسان

که با برنامه‌ریزی آرمانی می‌توان آب تخصیصی به بخش‌های مختلف مصرف را با در نظر گرفتن سیاست‌های منطقه افزایش داد. تحقیقاتی که Mozafari و همکاران (۲۰۰۸) بر روی سد امیرکبیر، Nader و Sabouhi (۲۰۱۱) در دشت مهاباد و Karamatzadeh و همکاران (۲۰۰۷) بر روی سد بارز و شیروان انجام داده‌اند نیز نشان داده که با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی می‌توان آب تخصیصی به بخش‌های مورد تقاضا از جمله بخش کشاورزی را افزایش و باعث توسعه و رشد این بخش‌ها شد.

شهرک محمد شاه کرم و منطقه جزینک به ترتیب به مقدار ۱۳/۸۳ و ۷/۷۶ میلیون متر مکعب وجود دارد و بدین ترتیب تمام نیازهای آبی نهال‌های کشت شده در این مناطق تامین می‌شود. همچنین، در شرایط تخصیص بهینه آب با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی، کمینه آب مورد نیاز برای حفظ کارکردهای اصلی اکوسیستم تالاب هامون به‌طور کامل تامین می‌شود، بدین صورت که آب در دسترس برای نیازهای زیست محیطی دریاچه هامون حدود ۲/۳ برابر شرایط فعلی می‌باشد. این یافته‌ها بیانگر این است

سناریوی ۱: شرایط فعلی سناریوی ۲: تخصیص بهینه آب سناریوی ۳: افزایش راندمان انتقال آب
سناریوی ۴: افزایش راندمان آبیاری در کشاورزی سناریوی ۵: کاهش تبخیر از مخازن آبی چاه نیمه‌ها



شکل ۲- میزان آب انتقالی به دریاچه هامون در شرایط مدیریتی مختلف

درصد افزایش خواهد یافت. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که با توجه به این که میزان تلفات آب در منطقه سیستان بالا است، می‌توان با کاهش اندکی از تلفات آب، میزان انتقال آب به دریاچه هامون را به مقدار قابل توجهی افزایش داد.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد نویسنده اول مقاله بوده که با راهنمایی نویسندگان دوم و سوم مقاله و با حمایت دانشگاه زابل انجام شده است.

نتیجه‌گیری

مشکلات ریزگردها در بسیاری از استان‌های کشور به دلیل خشکسالی و خشک شدن ۹۰ درصد از تالاب‌های کشور است که با مدیریت اصولی آب می‌توان مشکل ریزگردها را برطرف کرد. بررسی سناریوهای مدیریتی مختلف و تاثیر آن بر میزان آب انتقالی به دریاچه هامون نشان می‌دهد، با توجه به این که راندمان فعلی آبیاری کشاورزی در سیستان ۳۵ درصد و متوسط راندمان انتقال آب حدود ۶۰ درصد می‌باشد، در صورت افزایش راندمان آبیاری به ۴۵ درصد و کاهش راندمان انتقال آب به ۵۰ درصد، میزان آب انتقالی به دریاچه هامون به ترتیب ۴۱/۷ و ۳۱/۶

منابع مورد استفاده

1. Chin, N.L. 2009. Formulating the multi-segment goal programming. *Computers and Industrial Engineering*, 56(1): 138-141.
2. Cristobal, J.R. 2012. A goal programming model for environmental policy analysis: application to Spain. *Journal of Energy Policy*, 43: 303-308.
3. Dyson, M., G. Bergkamp and J. Scanlon. 2003. *Flow: the essentials of environmental flows*. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
4. Environmental Protection Agency. 2013. Finding solutions for the rescue of dry dredging wetlands in Iran. Reports from the International Workshop on Rescue of Hamoon and Urmia Wetlands, 58 pages.
5. Keramatzadeh, A., A.H. Chizari, A. Yousefi and H. Balali. 2007. Optimal allocation of water and priority of different region in its usage, case study: Shirvan Barzo Dam. *Journal of Agricultural Economics*, 1: 11-29.
6. Mozaffari, M., M. Pobahi and A. Kiika. 2008. Decision support model for optimal water allocation for Amir Kabir Dam for Various Uses. *Journal of Agricultural Economics*, 2(4): 157-176.
7. Nabendu, S. and N. Manish. 2012. Goal programming, its application in management sectors—special attention into planation management: a review. *International Journal of Scientific and Research Publication*, 2: 2250-2256.
8. Romero, C. and T. Rehman. 2003. *Multiple criteria analysis for agricultural decisions*. Elsevier, Second edition, 186 pages.
9. Saber Chenari, K., H. Abghari, M. Erfanian and S. Gholizadeh. 2013. Short-term model of optimization operation of water resources using particle swarm optimization and compared with genetic algorithm. *Watershed Management Research*, 97: 63-72.
10. Shang, S.H. 2015. A general multi-objective programming model for minimum ecological flow or water level of inland water bodies. *Journal of Arid Land*, 7(2): 166-176.
11. Sistan and Baluchestan Regional Water Company. 2014. Status Report of Sistan and Baluchestan Province, 41 pages.
12. Smakhtim, V., C. Revenga and P. Doll. 2004. Taking into account environmental water requirement in global-scale water resources assessments. *Comprehensive Assessment Research Report 2*, Comprehensive Assessment Secretariat, Colombo, Sri Lanka.