دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

حکمرانی آب در حوزه آبخیز سفیدرود بزرگ با استفاده از رویکرد تئوری بازی‌ها

محمدرضا مرتضی پور[۱]، علی شاهنظری[۲] و محمدرضا خالدیان[۳]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- استاد، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: aliponh@yahoo.com)
۳- دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان و گروه پژوهشی مهندسی آب و محیط زیست پژوهشکده حوضه آب خزر، رشت
صفحه ۱۳ تا ۲۱

چکیده

مدیریت منابع آب در کشور به دلیل افزایش تقاضا از یک سو و کاهش سرانه آب تجدیدپذیر از سوی دیگر، به ویژه در سال‌های اخیر با مناقشاتی رو به‌رو شده است. تئوری بازی‌ها یکی از روش‌های علمی جهت حل مناقشات موجود در امر مدیریت می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر، بررسی و ارائه راهکار برای حل مناقشه بخش مصرف پایین دست سد سفیدرود با استفاده از تئوری بازی‌ها می‌باشد. برای مدل‌سازی و تحلیل مناقشه، از مدل گراف GMCR استفاده شد. پس از تعیین بازیکنان (سازمان جهاد کشاورزی، شرکت آب منطقه‌ای، کشاورزان، استانداری، سازمان محیط‌زیست) و گزینه‌های هر یک و وارد کردن آن‌ها به مدل، ۱۲۸ حالت در مناقشه به‌دست آمد که با استفاده از مفاهیم حل غیرهمکارانه و با توجه به الویت‌بندی استراتژی‌ها، ٤ وضعیت برای بازیکنان به عنوان نقاط تعادل، شناسایی شد. پس از تحلیل نهایی نرم‌افزار، مطلوب‌ترین حالت در مناقشه از بین نقاط تعادل، حالت ٩٦ به دست آمد که کشاورزان و شرکت آب منطقه‌ای به ترتیب آبیاری نوبتی و توزیع مناسب آب مورد نیاز را رعایت کرده اند. با توجه به نتایج به دست آمده، حل این مناقشات بدون حکمرانی مؤثر در حوزه آبخیز سفیدرود بزرگ به منظور تشویق راه حل‌های همکارانه بین بهره‌برداران و تنبیه متخلفان امکان‌پذیر نمی‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تئوری بازی‌ها، مناقشه، نقاط تعادل، مدل GMCR، حوزه آبخیز سفیدرود

مقدمه

حکمرانی آب به طیف وسیعی از نظام‌های سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و اداری اطلاق می‌شود که برای توسعه مدیریت منابع آب و عرضه خدمات آبی در سطوح مختلف دایر است. حکمرانی آب در حقیقت زیرمجموعه‌ای از حکمرانی جامعه است (۱۵). در گزارش سازمان ملل برای حکمرانی آب چهار بعد تعریف شده است:

۱- بعد اجتماعی به‌منظور استفاده عادلانه
۲- بعد اقتصادی به‌منظور استفاده کارآمد
۳- بعد زیست محیطی به‌منظور استفاده پایدار
۴- بعد سیاسی به‌منظور استفاده فرصت‌های برابر

هریک از این ابعاد در نظام حکمرانی آب سه سطح دولت، جامعه مدنی و بخش خصوصی را شامل می‌شود.

مطالعه سیر تاریخی مدیریت منابع آب نشان می‌دهد با توجه به اینکه ایران کشور کم آبی بوده اما سابقه درخشانی در مدیریت منابع آب داشته که شاهد مثال آن احداث قنوات، سدها، کانال‌های آبیاری و زهکشی و سیستم جمع‌آوری فاضلاب و احداث بند و پل در طول تاریخ این سرزمین خشک و نیمه‌خشک می‌باشد که همگی حاکی از یک حکمرانی خوب که الگو برای جهانیان محسوب می‌شده، بوده است؛ اما متأسفانه در نیم قرن اخیر با تغییر رویکرد مدیریتی از مدیریت مشارکتی به مدیریت دولتی، با دخالت‌های بیجا تغییر توازن در حکمرانی آب ایجاد شده است که کوچکترین اثر آن بروز چالش‌ها و منازعات آبی در کشور و حوزه‌های آبخیز می‌باشد، بطوریکه در حال حاضر یکی از مهمترین اختلافات و مناقشات آبی در حوزه آبخیز زاینده‌رود مشاهده می‌شود (۵).

این تنش‌ها کم و بیش در سایر حوزه‌های آبخیز کشور از جمله حوزه آبخیز سفیدرود بزرگ در سطح بیش از ۵۶۰۰۰ کیلومترمربع نیز مشهود است و شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود گیلان نیز به عنوان زیرحوزه و یا بخشی از این حوزه بزرگ است که دچار چالش مدیریت منابع آب است؛ چرا که احداث سدهای متعدد در حوزه آبخیز سفیدرود بزرگ باعث تنزل آبدهی در محل سد سفیدرود گشته و بخش مصرف پایین‌دست سد سفیدرود، دچار تنش‌های اجتماعی به‌ویژه در سال‌های کم آبی شده است.

در قانون اساسی و قانون توزیع عادلانه آب، منابع آب جزء انفال و مشترکات تعریف شده است. از نظر اقتصادی منابع مشترک یا مشاع به کالایی اطلاق می‌شود که ماهیت بهره‌برداری از آن‌ها رقابتی است. رقابتی بودن بهره‌برداری از منابع آبی مشترک منجر به شکل‌گیری اختلاف می‌گردد به‌گونه‌ای که بهره‌برداری برخی از ذینفعان موجب کاهش پتانسیل بهره‌مندی سایرین می‌شود (۱۷). بروز رفتارهای رقابتی و بهره‌برداری بیش از اندازه، منجر به ایجاد مناقشاتی موسوم به تراژدی مشترکات می‌شود (۶) که باعث تعارضات مختلف بین ذینفعان می‌گردد.

تعارضات معمولاً به تعارضات بنیادی (شامل: تعارض در مصرف، تعارض در رویه و تعارض شناختی)، تعارض احساسی/عاطفی، تعارض اجتماعی (شامل: فردی، میان فردی و گروهی)، تعارض جغرافیایی (شامل: محلی، ملی، منطقه‌ای، جهانی) تقسیم می‌شود. با توجه به گستردگی این تعارضات از تئوری بازی‌ها برای حل مناقشات استفاده می‌شود.

نظریه بازی‌ها شاخه‌ای از علم ریاضیات کاربردی است که به مطالعه، تحلیل و بررسی دسته وسیعی از رفتارهای رقابتی و همکارانه (و غیر همکارانه) افرادی می‌پردازد. نظریه بازی‌ها کاربرد زیادی در جامعه، اقتصاد، سیاست و زندگی دارد (۲).

در نظریه بازی‌ها به تعاملاتی که بین تصمیم دو طرف (یا بیشتر) وجود داشته باشد، بازی گفته می‌شود. به عبارتی هرگاه مطلوبیت سود، درآمد، رفاه و هرآنچه که افراد بازیکن (بازیگر) به دنبال آن هستند، متأثر از تلاش خود و یا تصمیم طرف مقابل (چه مثبت و چه منفی) باشد، بازی اطلاق می‌گردد. هر بازی می‌تواند به شانس (مثل پرتاب سکه) و یا مهارت (مانند شطرنج) و یا استراتژی وابسته باشد. هر بازی از سه عنصر بازیکن، اعمال و ترجیحات تشکیل شده است. بازیکن یا همان تصمیم‌گیرنده که ممکن است شخص، شرکت، دولت و یا سایر سازمان‌ها باشد. اعمال هم، مجموعه‌ای از تصمیمات و اقدامات که هر بازیکن می‌تواند انجام دهد، می‌باشد. استراتژی در حقیقت مهارت خوب بازی کردن و شناخت نقاط قوت و ضعف طرف مقابل است (۲) تا به وضعیت مطلوب که تعادل است، دست‌یابد.

تعادل نشان می‌دهد که چه حرکتی از بازی برای یک بازیکن، پایدار و متعادل است. همچنین اگر یک وضعیتی برای یک بازیگر پایدار نباشد، تعادل پیش‌بینی می‌نماید که چگونه وی می‌تواند با تغییر استراتژی تصمیم خود در خلال بازی، وضعیت خود را به وضعیت مطلوب خود تغییر دهد.

عمده‌ترین تعاریف تعادل همکارانه شامل: مفهوم هسته، راه‌حل چانه‌زنی نش، مفهوم ارزش شابلی، راه‌حل نش–هارسانی می‌باشد و تعاریف تعادل غیرهمکارانه شامل: مفاهیم تعادل نش، GMR، SMR، SEQ، Lh و NM می‌باشد (۱۰).

اگرچه منافع مدل‌های همکارانه نسبت به غیر همکارانه بیشتر است اما ضمانت تحقق عملی آنها نسبت به مدل غیر همکارانه کمتر است. همچنین انعطاف استفاده از مدل غیرهمکارانه و شبیه بودن آن به مناقشات واقعی را می‌توان علت دیگرکارآمدی این روش بیان کرد.

یک مدل بازی یا منازعه، تخمینی از عمده‌ترین جنبه‌های یک منازعه و ساده‌سازی آن تا حدی که آسان‌تر درک گردد، می‌باشد (۴).

در مسائل منابع آب و محیط زیست شاهد رشد و گسترش به‌کارگیری نظریه بازی‌ها به ویژه رهیافت GMCR بوده‌ایم (۱۶). راجرز (۱۴) اولین کاربردهای نظریه بازی را درمدیریت منابع آب رودخانه گنگ بکارگرفت.

مدنی و لاند (۱۱) با استفاده از نظریه بازی‌ها، به بررسی مناقشه بر سر دلتای سن‌خواکین‌ساکرامنتو در ایالت کالیفرنیای آمریکا پرداختند که به علت ایجاد سدهای متعدد و انحراف آب در بالادست، با بحران بود. آنان بیان کردند که به رغم تمایل همه‌ی ذینفعان به حل مناقشه، توجه صرف به کسب حقابه‌ی بیش‌تر، موجب رقابت و تقابل می‌شود و راه حل‌های همکارانه را بسیار دشوارتر می‌کند. ایشان نتیجه گرفتند که حل مناقشه‌ی دلتا، بدون دخالت نهاد ارشد حاکمیتی که از طریق تشویق راه‌حل همکارانه بین ذینفعان و تنبیه متخلفان، حکمرانی مؤثری اعمال کند، ممکن نیست؛ همچنین مدنی (۹) کاربردهای نظریه بازی در منابع آب و مزایای آن را بررسی کرده است.

دینار (۳) با مقایسه دو مدل در مباحث تخصیص منابع آب با رویکرد مشارکت و مذاکره، با نتایج متفاوتی از تخصیص منابع آب برای بازیگران دست یافت. راکوئل و همکاران (۱۳) با استفاده از نظریه بازی‌ها، مناقشات آب‌های سطحی را در کشور مکزیک بین دو بازیگر کشاورزان و اجتماع غیرکشاورز با ۱۲ سناریوی آب سطح بررسی کردند و آن را به کمک یک نرم‌افزار، بهینه‌یابی نمودند. زارع‌زاده و همکاران (۲۲) به مطالعه‌ی امکان‌سنجی همکاری ایران و افغانستان در حوضه آبریز هیرمند جهت تخصیص آب بیشتر به محیط زیست و کنترل محصول خشخاش با استفاده از رویکرد نظریه بازی پرداختند. تأکید این تحقیق، لزوم تغییرات مذاکرات دو کشور از صرف تنها آب به ترکیب مبحث آب و دیگر حوزه‌ها می‌باشد که می‌تواند شرایط برد–بردی را برای دو کشور رقم زند.

سالازار و همکاران (۱۷) با استفاده از تئوری بازی، مناقشه آب زیرزمینی در مکزیک را با محدودیت زمین و آب بررسی کردند و با استفاده از برنامه‌ریزی خطی، میزان برداشت بهینه را تعیین کردند. علیزاده و همکاران (۱) به بررسی مدل‌های چانه‌زنی بازگشتی برای تخصیص بهینه منابع آب زیرزمینی دشت داریان استان فارس با لحاظ تعاملات ذینفعان پرداختند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد اعمال سیاست بهینه تخصیص حاصل از مدل چانه‌زنی بازگشتی با هم‌آرایی موجب کاهش ٪۵۴ برداشت از آبخوان و افزایش۴/۲ متری سطح تراز آبخوان می‌شود. مدنی و مارینو (۱۲) برای ارائه راه‌حلی برای مدیریت رودخانه زاینده‌رود اصفهان در وسعت حاکمیت (کلان) نتیجه گرفتند که هر حرکت حاکمیت باید آگاهانه باشد زیرا بر زیرسیستم‌ها اثرگذار است و پیشنهاد مطالعات یکپارچه منابع آب زاینده‌رود را دادند. هایپل و همکاران (۷) برای پیدا کردن ماده سمی در منابع آب شهری در کانادا بین دو بازیگر دولت محلی و کارخانه تولید کننده سم، به‌خوبی نشان دادند که مدل GMCR ابزاری برای ایجاد تحلیل مناقشه می‌باشد. سن سارما و اوکادا (۱۸) در مدیریت سوانح طبیعی در ژاپن به‌علت نادیده گرفتن دستورات، کاهش سوانح توسط شرکت مدیریت بحران را بررسی کرده و در دو مرحله، مناقشه را تحلیل و نقطه تعادل مناقشه را برای برقراری ارتباط مؤثر بین آنها تعیین کردند.

هدف از این پژوهش، بررسی و ارائه راهکار برای حل مناقشات موجود در مدیریت منابع موجود در پایین‌دست سد سفیدرود با استفاده از تئوری بازی‌ها می‌باشد، به این صورت که پس از تعیین تصمیم‌گیرندگان (بازیکنان) و استراتژی‌های هر کدام، از مدل GMCR[1] برای حل مناقشات استفاده شد و مطلوب‌ترین حالت تصمیم‌گیری در مدیریت بهتر منطقه به‌دست آمد.

1- Graph Model for Conflict Resolution

مواد و روش‌ها

اجزاء مدل

یک مدل منازعه از سه جزء تشکیل یافته است: تصمیم‌گیرندگان یا همان بازیکنان، مجموعه‌ی انتخاب‌ها و یا اعمال ممکن برای هر تصمیم‌گیرنده، اولویت‌های هر یک از تصمیم‌گیرندگان نسبت به هر یک از وضعیت‌ها و نتایج ممکن بازی که آن تصمیم‌گیرنده قادر است با تغییر استراتژی‌ها و انتخاب‌هایشان در خلال فرآیند تکامل بازی در آن‌ها سهیم گردد (۱۰). این مدل‌ها به دو دسته کمی و کیفی طبقه‌بندی می‌شوند (۴). اگر طرفین بازی به چیز دیگری جز سود فکر نکنند، بازی غیرهمکارانه نامیده می‌شود. از دیدگاه استراتژیک این پدیده پیامد رفتار ذینفعان بر اساس عقلانیت فردی به جای عقلانیت جمعی خواهد بود که ناشی از بی‌اعتمادی به ریسک‌پذیری و بینش کوتاه است (۱۰).

یک مناقشه در گراف به‌صورت حرکت از یک وضعیت به وضعیت دیگر توسط تصمیم‌گیرنده اتخاذ می‌شود که در نهایت مجموعه‌ای از وضعیت‌ها، ماتریسی را در اختیار بازیگران قرار می‌دهد. امروزه برای حل ماتریس فوق نرم‌افزاری کاربر پسند معرفی گردیده است (۸). مدل گراف در زمره مدل‌های غیرهمکارانه است.

معرفی حوضه و شبکه آبیاری زهکشی سفیدرود بزرگ

حوضه آبریز سفیدرود بزرگ یک زیر حوضه درجه ۲ از حوضه آبریز اصلی دریای خزر است که مساحت آن بالغ بر ۵۶ هزار کیلومتر مربع می‌باشد و از ۸ استان کشور (به‌میزان ۳/۶ درصد مساحت کشور) عبور می‌کند و از دو سرشاخه اصلی قزل اوزن و شاهرود تشکیل شده است و با تلاقی آن در شهر منجیل تشکیل رودخانه سفیدرود در استان گیلان را داده است. در سال ۱۳۴۱ سد بزرگ سفیدرود با حجم اولیه ۱۷۶۵ میلیون متر مکعب همراه با چند سد تنظیمی و هزاران کیلومتر کانال های آبیاری و زهکشی به بهره‌برداری رسید.

شبکه آبیاری و زهکشی گیلان در سطحی معادل ۱۷۱ هزار هکتار در قالب ۱۷ واحد عمرانی شامل ۵ واحد F1 تا F5 منشعب از سد تنظیمی تاریک در ناحیه فومنات، ۵ واحد عمرانی D1 الی D5 منشعب از کانال راست سد تنظیمی سنگر در ناحیه شرق گیلان و ۷ واحد عمرانی شامل G1 تا G7 منشعب از کانال سمت چپ سد تنظیمی سنگر واقع در ناحیه مرکزی گیلان شکل گرفته و در کل، زیرکشت تک محصول شالی قراردارد. علاوه بر تامین آب کشاورزی از اهداف دیگر سد، کنترل سیلاب و تامین آب شهری و تولید برقآبی به میزان ۸۷/۵ مگاوات بر ساعت می‌باشد (۱۹) اما بعد از دو دهه بهره‌برداری به علت ته‌نشین شدن رسوبات، حجم آن به حدود ۱۱۰۰ میلیون مترمکعب تقلیل پیدا کرده است (۲۰). امروزه علاوه بر کاهش حجم قابل بهره‌برداری به‌دلیل احداث سدهای متعدد در بالادست آن و همچنین تغییرات اقلیمی، کاملاً مشاهده می‌شود که حجم فعلی هم پر نمی‌شود به‌طوری که مدیریت بهره‌برداری از این سد و شبکه را دچار چالش نموده و خشکسالی‌هایی را به دنبال داشته که گاهاً به کمک نیروهای نظامی و انتظامی، آب به اراضی پائین‌دست انتقال داده شده استِ (۲۱).

تحلیل تنش آبی در پایین دست سد سفیدرود با مدل گراف

به‌منظور بررسی تنش آبی پایین‌دست سفیدرود از مطالعات کتابخانه‌ای، مدل و گزارشات مهندسان مشاور استفاده شد و مصاحبه‌هایی با افراد آگاه و صاحب‌نظر در سازمان‌ها و ادارات مختلف صورت گرفت و در نهایت، تحلیل مناقشه به کمک مدل گراف انجام شد (۲۱).

مفاهیم حل غیرهمکارانه مورد استفاده در مدل GMCR نشان‌دهنده ویژگی‌های رفتاری بازیکنان شامل: آینده‌نگری، تمایل به عقب‌نشینی استراتژیک، آگاهی از اولویت‌های سایر بازیکنان و میزان ریسک می‌باشد که اگر وضعیتی پایدار به ازای مفهوم حل معین برای تمامی تصمیم‌گیرندگان وجود داشته باشد، نقطه تعادل مناقشه نامیده می‌شود.

تئوری بازی‌ها در سه مرحله نسبت به حل مسئله می‌پردازد. روش کار در مدل گراف به این ترتیب است که ابتدا مسئله مورد نظر شناسایی شده، سپس مدلسازی انجام می‌گیرد و در نهایت تحلیل‌ها انجام خواهد شد که در زیر به تشریح هر قسمت پرداخته می‌شود.

الف: شناسایی مسئله، در این بخش وجود پارادوکس در مدیریت منابع آب که شامل محدودیت منابع آب از یک طرف و افزایش روز افزون تقاضا و همچنین بهره‌وری پایین آن از طرف دیگر می‌باشد، حکمرانی آب را با چالش روبرو نموده‌است. تمامی اعداد و ارقام جمع‌آوری شده در این قسمت از ناحیه کارفرمایان و بازیگران و شرکت‌های مهندسین مشاور و مصاحبه با مدیران و کارشناسان خبره به‌دست آمده است.

ب: مرحله مدل‌سازی، در این مرحله ۵ کار صورت می‌گیرد که شامل شناسایی بازیگران دخیل در مناقشه، تعریف استراتژی هر بازیکن، حذف حالات غیرممکن، بررسی برگشت‌پذیری سیستم و در نهایت ترکیب استراتژی‌ها و تعیین پیامدهای ممکن می‌باشد.

در بخش مدل‌سازی یکی از کارهای مهم، شناسایی بازیگران مناقشه می‌باشد که در بخش پایین‌دست سد سفیدرود مطابق جدول (۱) شامل: شرکت آب منطقه‌ای، سازمان جهاد کشاورزی، استانداری، بهره‌برداران و سازمان محیط‌زیست و سپس شناسایی وضعیت‌های ممکن، تعیین انتقال وضعیت‌های مجاز و بالاخره تعیین اولویت‌های نسبی هر بازیکن است.

ج: مرحله تحلیل مسئله، که در این بخش ۴ کار صورت می‌گیرد که شامل تعیین نقاط تعادل، انجام تحلیل تعادل‌های موجود و تعیین تعادل بازی و مقایسه آن، بررسی بهترین روش و تحلیل حساسیت، بحث و نتیجه‌گیری می‌باشد.

جدول ۱ بازیکنان، گزینه‌ها و وضعیت‌های پایه تحلیل در بخش پایین‌دست سد سفیدرود را نمایش می‌دهد.

جدول ۱- بازیکنان، گزینه‌ها و وضعیت‌های پایه تحلیل بخش پایین‌دست سد سفیدرود

Table 1. Players, alternatives and base status of analysis of lower part of Sefidrud dam

بازیکنان	شماره گزینه‌ها	گزینه‌ها	وضع پایه
سازمان جهادکشاورزی	۱	تولید بیشتر محصولات کشاورزی در سطح وسیع تر	Y
	۲	اجرای زیرساخت‌ها (طرح‌های تجهیز و نوسازی اراضی، توسعه سامانه‌های آبیاری نوین)	Y
شرکت آب منطقه‌ای	۳	توزیع آب مورد نیاز	Y
	۴	برداشت غیر مجاز آب از کانال‌ها	N
کشاورزان	۵	اجرای آبیاری نوبتی	N
استانداری	۶	توزیع عادلانه آب	Y
سازمان محیط زیست	۷	اعمال قانون حقابه زیست محیطی	Y

نتایج و بحث

پس از انجام مطالعات مقدماتی و بررسی کلی شرایط بخش پایین‌دست سد سفیدرود، تعارضات آبی موجود در این بخش شناسایی شدند و سپس با بهره‌گیری از روش GMCR، تعارضات حل گردیده و راه‌حل‌های احتمالی آن، تعیین شد. تمام حالات ممکن مناقشه در GMCR که تعداد آنها 2^n حالت و n=۷ (تعداد استراتژی) می‌باشد، ۱۲۸ حالت امکان‌پذیر است و در هر ستون مشخص شده که بازیکنان با انتخاب گزینه بلی (Y) و خیر (N) ، میزان رضایت و یا عدم رضایت خود را به صورت کیفی از وضعیت موجود بیان می‌کنند.

حذف وضعیت‌های ناممکن مناقشه

برای وضعیت‌های ناممکن مناقشه، چنانچه شرکت آب منطقه‌ای کنترل برداشت غیرمجاز آب از کانال‌ها را انجام ندهد، استانداری هرگز نباید انتظار توزیع عادلانه آب را داشته باشد. با در نظر گرفتن این دو حالت که باعث حذف تعدادی از استراتژی‌ها خواهد شد، مجموعاً ۹۶حالت باقی خواهد ماند. در بخش انتقال وضعیت مجاز تمام بازیکنان، باید امکان جابجایی وضعیت از حالتY، N و برعکس وجود داشته باشد جز ردیف دوم که پس از اجرای زیرساخت‌ها امکان برگشت وجود ندارد.

اولویت بازیگران

اولویت سازمان جهاد کشاورزی گیلان

داده‌های ورودی در نرم‌افزار GMCR همان اولویت‌بندی گزینه‌های مطرح شده می‌باشند. اولویت‌بندی این گزینه‌ها مربوط به سود و منفعتی است که ذی‌نفعان برای خود در نظر می‌گیرند. نرم‌افزار بر اساس داده‌های ورودی، کلیه‌ی حالت‌ها را که با انتخاب بلی (Y) و خیر (N) به هر کدام از گزینه‌های مطرح شده توسط بازیکنان نسبت داده می‌شود، پردازش می‌کند.

همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود، نحوه‌ی اولویت‌بندی استراتژی‌های این ذینفع بدین ترتیب است که در ابتدا این بازیگر تمایل دارد گزینه ۱ (تولید بیشتر محصولات کشاورزی در سطح وسیع‌تر) جهت حمایت از شالیکاران در راستای تولید و خودکفایی محصول برنج اتفاق بیافتد و اولویت دوم آن نیز اجرای طرح تجهیز و نوسازی مزارع جهت تحقق هدف اول باشد. سومین الی ششمین اولویت به ترتیب شامل: توزیع آب مورد نیاز و اجرای آبیاری نوبتی، توزیع عادلانه، ممانعت از برداشت غیرمجاز از آب کانال‌ها و اعمال قانون حقابه زیست‌محیطی است و علامت منفی در اولویت پنجم بدان معنا است که این ذینفع تمایلی به رخداد این گزینه ندارد.

جدول ۲- نحوه‌ی اولویت‌بندی استراتژی‌های سازمان جهاد کشاورزی گیلان

Table 2. Prioritization of strategies of the agricultural jihad organization of Guilan

نحوه اولویت‌بندی	شماره گزینه‌ها	استراتژی‌ها(گزینه ها)
۱	۱	تولید بیشتر محصولات کشاورزی در سطح وسیعتر
۲	۲	اجرای زیرساخت‌ها (طرح‌های تجهیز و نوسازی اراضی ،توسعه سامانه‌های آبیاری نوین)
۳	۵و۳	توزیع آب مورد نیاز و اجرای آبیاری نوبتی
۴	۶	توزیع عادلانه آب
۵	-۴	برداشت غیرمجاز آب از کانال‌ها
۶	۷	اعمال قانون حقابه زیست محیطی

اولویت شرکت آب منطقه‌ای گیلان

این روند هم‌چنین برای ذینفع شرکت آب منطقه‌ای تکرار می‌شود و در جدول ۳ نحوه‌ی اولویت‌بندی استراتژی‌های آن ارائه شده است.

اولویت اول الی ششم به ترتیب ممانعت از برداشت غیر مجاز آب از کانال‌ها، توزیع آب مورد نیاز و اجرای آبیاری نوبتی، تولید بیشتر محصولات کشاورزی در سطح وسیع‌تر، اجرای زیرساخت‌ها، اعمال قانون حقابه زیست‌محیطی و توزیع عادلانه آب می‌باشد.

جدول ۳- نحوه‌ی اولویت‌بندی استراتژی‌های شرکت آب منطقه‌ای گیلان
Table 3. Prioritization of strategies of the regional water company of Guilan

نحوه اولویت‌بندی	شماره گزینه‌ها	استراتژی‌ها (گزینه‌ها)
۱	۴-	برداشت غیرمجاز آب از کانال‌ها
۲	۳و۵	توزیع آب مورد نیاز و اجرای آبیاری نوبتی
۳	۱	تولید بیشتر محصولات کشاورزی در سطح وسیع‌تر
۴	۲	اجرای زیرساخت‌ها (طرح‌های تجهیز و نوسازی اراضی، توسعه سامانه‌های آبیاری نوین)
۵	۷	اعمال قانون حقابه زیست محیطی
۶	۶	توزیع عادلانه آب

اولویت کشاورزان

اولویت استراتژی‌های کشاورزان نیز به‌ترتیب توزیع آب مورد نیاز و اجرای آبیاری نوبتی، ممانعت از برداشت غیرمجاز آب از کانال، تولید بیشتر محصولات کشاورزی در سطح وسیع‌تر، اجرای زیرساخت‌ها، عدم توزیع عادلانه و اعمال قانون حقابه زیست‌محیطی در جدول ۴ مشخص شده است.

جدول ۴- نحوه‌ی اولویت‌بندی استراتژی‌های کشاورزان ذینفع در بخش پایین‌دست سد سفیدرود
Table 4. Prioritization of strategies of the farmers in the lower part of the Sefidrud dam

نحوه اولویت‌بندی	شماره گزینه‌ها	استراتژی‌ها (گزینه‌ها)
۱	۵-و۳-	توزیع آب مورد نیاز و اجرای آبیاری نوبتی
۲	۴	برداشت غیرمجاز آب از کانال‌ها
۳	۱	تولید بیشتر محصولات کشاورزی در سطح وسیع‌تر
۴	۲	اجرای زیرساخت‌ها (طرح‌های تجهیز و نوسازی اراضی، توسعه سامانه‌های آبیاری نوین)
۵	۶-	توزیع عادلانه آب
۶	۷-	اعمال قانون حقابه زیست محیطی

اولویت استانداری گیلان

همان‌طور که در جدول ۵ نشان داده شده است در اولین اولویت استراتژی، استانداری به‌عنوان دستگاه ناظر، خواستار توزیع عادلانه آب است، اولویت دوم الی ششم به‌ترتیب، ممانعت از برداشت غیرمجاز، تولید بیشتر محصولات کشاورزی در سطح وسیع‌تر، اجرای زیرساخت‌ها، اعمال قانون حقابه زیست‌محیطی و توزیع آب مورد نیاز و اجرای آبیاری نوبتی می‌باشد که در عالم واقع نیز استانداری به منظور حفظ و حراست از منابع آبی در بخش کشاورزی، خواستار عملی شدن قوانین مربوط به توزیع عادلانه آب و ممانعت از برداشت غیرمجاز آب از کانال‌هاست؛ بنابراین این دو گزینه در اولین و دومین اولویت‌های این سازمان قرار دارد.

جدول ۵- نحوه‌ی اولویت‌بندی استراتژی‌های استانداری گیلان
Table 5. Prioritization of strategies of the governorate of Guilan

شماره گزینه‌ها	استراتژی‌ها (گزینه‌ها)	نحوه اولویت‌بندی
توزیع عادلانه آب	۶	۱
برداشت غیرمجاز آب از کانال‌ها	۴-	۲
تولید بیشتر محصولات کشاورزی در سطح وسیع‌تر	۱	۳
اجرای زیرساخت‌ها (طرح‌های تجهیز و نوسازی اراضی، توسعه سامانه‌های آبیاری نوین)	۲	۴
اعمال قانون حقابه زیست محیطی	۷	۵
توزیع آب مورد نیاز و اجرای آبیاری نوبتی	۵و۳	۶

اولویت سازمان محیط زیست گیلان

اولین الی ششمین اولویت استراتژی سازمان محیط‌زیست به‌ترتیب اعمال قانون حقابه زیست‌محیطی، توزیع عادلانه آب، ممانعت از برداشت غیر مجاز آب از کانال‌ها، اجرای زیرساخت‌ها، تولید بیشتر محصولات کشاورزی در سطح وسیع‌تر و در نهایت توزیع آب مورد نیاز و اجرای آبیاری نوبتی در نظر گرفته شد که در جدول ۶ قابل مشاهده است.

جدول ۶- نحوه‌ی اولویت‌بندی استراتژی‌های سازمان محیط زیست گیلان
Table 6. Prioritization of strategies of the environmental organization of Guilan

شماره گزینه‌ها	استراتژی‌ها (گزینه‌ها)	نحوه اولویت‌بندی
اعمال قانون حقابه زیست محیطی	۷	۱
توزیع عادلانه آب	۶	۲
برداشت غیرمجاز آب از کانال‌ها	-۴	۳
اجرای زیرساخت‌ها (طرح‌های تجهیز و نوسازی اراضی ،توسعه سامانه‌های آبیاری نوین)	۲	۴
تولید بیشتر محصولات کشاورزی در سطح وسیع‌تر	۱	۵
توزیع آب مورد نیاز و اجرای آبیاری نوبتی	۳و۵	۶

تحلیل مناقشه

پس از مدل‌سازی مناقشه به کمک تعاریف تعادل غیرهمکارانه Nash، GMR، SMR، SEQ (L2، L3، L4، L5، L6، L7، L8، L9، L10 :h=6) و Limited-Move Non–Myopic، مدل ایجاد شده مورد تحلیل قرار گرفت و وضعیت‌های پایدار هر بازیکن مشخص شد؛ به‌نحوی که با در نظر گرفتن تعریف حداقل یکی از تعادلات ذکر شده، آن وضعیت برای بازیکنی مشخص پایدار باشد که به این ترتیب برای وی نقطه تعادل محسوب می‌شود. در صورتی‌که تمام بازیکنان نتایج پایداری را بیابند، برای حرکت از مجموعه تصمیمات اتخاذ شده، تمایلی ندارند. بنابراین آن وضعیت پایدار بوده و یک حل ممکن برای اختلاف می‌باشد. در شرایطی که وضعیت برای بازیکن پایدار نباشد، با استفاده از تعریف پایداری می‌توان پیش‌بینی نمود، چگونه بازیکن استراتژی خود را از آن وضعیت در طی مسیر تغییر می‌دهد (۵).

نقاط تعادل مناقشه

پس از تعیین وضعیت‌های پایدار هر بازیکن بر مبنای تعاریف تعادل، حال بایستی نقاط تعادل بازی را مشخص نمود. جدول شماره (۷) نقطه تعادل بازی حالتی است که به ازای یک تعریف تعادل معین برای تمامی بازیکنان، پایدار باشد به این معنی که بازیکنانی که دارای آن ویژگی‌های تعریف تعادل هستند، وضعیت مذکور را به‌عنوان راه حل مناقشه پذیرفته و مایل به تغییر آن نیستند.

با توجه به جدول مزبور، حالت ۹۶ بهترین حالت ممکن برای سازمان جهاد کشاورزی، آب منطقه‌ای، استانداری و سازمان محیط‌زیست می‌باشد؛ با گزینه‌های Y,Y,Y,N,Y,Y,Y که به‌ترتیب از بالا به پایین تولید بیشتر محصولات کشاورزی در سطح وسیع‌تر، اجرای زیرساخت‌ها و توزیع آب مورد نیاز، جواب Y مشخص شده است. برای برداشت غیر مجاز جواب N، برای آبیاری نوبتی توسط کشاورزان جواب Y، برای توزیع عادلانه آب که اولویت استانداری است جواب Y، برای اعمال قانون حقابه زیست محیطی که دغدغه سازمان محیط‌زیست می‌باشد، جواب Y تعادل پیدا کرده‌است. غلامی و همکاران (۵) با توجه به نتایج خروجی حاصل از مدل‌سازی مناقشه توسط مدل GMCR بهترین جواب و راه‌حل مناقشه را وضعیتی دانستند که برای ۳ تصمیم‌گیرنده (سازمان جهاد کشاورزی، شرکت آب منطقه‌ای و استانداری)، آبیاری نوبتی جزء اولین اولویت است و فقط برای کشاورزان جزء اولویت‌های ابتدایی نمی‌باشد که علت این امر نیز ترجیح دادن منفعت شخصی کشاورزان بر منفعت کل شبکه می‌باشد.

جدول ۷- نقاط تعادل مناقشه بخش پایین دست سد سفیدرود
Table 7. Equiblirium points of the conflicts in the lower part of the Sefidrud dam

تصمیم گیرندگان	استراتژی	نقاط تعادل			
		۸۴	۸۸	۹۲	۹۶
سازمان جهاد کشاورزی	تولید بیشتر محصولات کشاورزی در سطح وسیع تر	Y	Y	Y	Y
	اجرای زیرساخت‌ها (طرح‌های تجهیز و نوسازی اراضی ،توسعه سامانه‌های آبیاری نوین)	Y	Y	Y	Y
شرکت آب منطقه‌ای	توزیع آب مورد نیاز	N	Y	N	Y
	برداشت غیرمجاز آب از کانال‌ها	N	N	N	N
کشاورزان	اجرای آبیاری نوبتی	N	N	Y	Y
استانداری	توزیع عادلانه آب	Y	Y	Y	Y
سازمان محیط‌زیست	اعمال قانون حقابه زیست‌محیطی	Y	Y	Y	Y
تعداد پایداری بر اساس تعاریف تعادل غیرهمکارانه		۶	۶	۲	۶

میزان اولویت هر نقطه تعادل برای هر بازیکن بر اساس اولویت‌بندی انجام شده برای وضعیت در جدول شماره (۸) نشان داده شده است.

جدول ۸- میزان اولویت و ارجحیت نقاط تعادل مناقشه‌ی بخش پایین‌دست سد سفیدرود برای هر یک از تصمیم‌گیرندگان
Table 8. The priority and preference of the conflict points in the lower part of the Sefidrud dam for each of the decition-makers

تصمیم گیرندگان	استراتژی	نقاط تعادل			
		۸۴	۸۸	۹۲	۹۶
سازمان جهاد کشاورزی	حمایت از کشاورز برای بهبود الگوی کشت و آبیاری	Y	Y	Y	Y
	اجرای طرح‌های تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری	Y	Y	Y	Y
شرکت آب منطقه ای	توزیع آب مورد نیاز	N	Y	N	Y
	برداشت غیرمجاز آب از کانال‌ها	N	N	N	N
کشاورزان	اجرای آبیاری نوبتی	N	N	Y	Y
استانداری	توزیع عادلانه آب	Y	Y	Y	Y
سازمان محیط زیست	جلوگیری از عدم اعمال قانون حقابه زیست محیطی	Y	Y	Y	Y
	اولویت حالت برای سازمان جهاد کشاورزی	۸	۹	۷	۱
	اولویت حالت برای شرکت آب منطقه‌ای	۱۸	۱۹	۱۷	۱
	اولویت حالت برای کشاورزان	۱۲	۵۸	۵۹	۶۰
	اولویت حالت برای استانداری	۴	۳	۲	۱
	اولویت حالت برای سازمان محیط زیست	۲	۳	۴	۱

همانطور که ملاحظه می‌شود در نقاط تعادل، ۴ وضعیت ۸۴، ۸۸، ۹۲ و ۹۶ برای بازیکنان شناسایی شد. در این بین حالت ۹۲ در تعریف GMR ,SMR و سه حالت دیگر بر اساس ۶ تعریف تعادل (Nash(R، GMR، SMR، SEQ، NM، (L2، L3، L4، L5، L6، L7، L8، L9، h=6:L10) Limited-Move برای تمامی بازیکنان پایدار هستند. از طرفی، اولویت تمامی وضعیت‌ها برای بازیکنان یکسان نیست. در نتیجه برای حل مناقشه باید از بین نقاط با تعادل قوی‌تر که بیشترین اولویت‌ها را داشته باشد، گزینش انجام شود.

در این پژوهش مناقشه در حوزه آبخیز سد سفیدرود مورد بررسی قرار گرفت که به‌علت اختلاف در میزان مصرف آب بین ذی‌نفعان، با بحران مواجه شده است. علیرغم تمایل همه ذی‌نفعان به حل مناقشه، به‌دلیل توجه صرف به کسب انتفاع بیشتر، رقابت میان ذی‌نفعان ایجاد شد. برای حل این مناقشات، از روش غیرهمکارانه استفاده شد. پس از اجرای مدل گراف GMCR به‌منظور حل مناقشات، نتایج زیر حاصل شد.

۱- حالت ۸۴ و ۸۸ وضعیتی را نشان می‌دهد که کشاورزان با اجرای آبیاری نوبتی مخالفند که در عالم واقع نیز کشاورزان آبیاری غرقابی دائمی را به آبیاری نوبتی ترجیح می‌دهند. بنابراین طبق خروجی مدل، کشاورزان برای رسیدن به وضعیتی پایدار در آینده و حل و فصل مناقشات موجود، بایستی اجرای آبیاری نوبتی را رعایت کنند.

۲- حالت ۹۲ وضعیتی را نشان می‌دهد که آب منطقه‌ای آب را به‌طور مناسبی توزیع نکرده است. با توجه به نتیجه مدل و اولویت‌های این سازمان، توجه ویژه به این مسئله در توزیع مناسب آب میان بخش‌های ذینفع جهت کاهش مناقشات، ضروری‌ست.

۳- در حالت ۹۶ نیز که مطلوب‌ترین حالت مناقشه می‌باشد کشاورزان و شرکت آب منطقه‌ای به‌ترتیب آبیاری نوبتی و توزیع مناسب آب مورد نیاز را رعایت کرده‌اند.

با توجه به نتایج به‌دست آمده، حل این مناقشات بدون حکمرانی مؤثر به‌منظور تشویق راه‌حل‌های همکارانه بین بهره‌برداران (ذینفعان) و تنبیه متخلفان امکان‌پذیر نمی‌باشد؛ بنابراین می‌بایستی برای کاهش درگیری‌ها و افزایش بهره‌وری آب، تشکیل تشکل‌های آب برای مدیریت و استفاده‌ی بهینه از منابع آب با تأکید بر مشارکت کلیه‌ی گروه‌های ذینفع در دستور کار قرار گیرد. از طرف دیگر، ترویج آموزش‌های لازم به کشاورزان در استفاده بهینه از آب و سپس مشارکت دادن آنان در امور تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری در دستور کار قرار گیرد تا تشویق به راه‌حل‌های همکارانه در سطح حوزه میسر گردد و در نهایت، مدیریت بر منابع آب و خاک حوزه آبخیز به صورت یکپارچه صورت گیرد تا با حکمرانی جامع بر این منابع، از سودهای جزئی هر یک از ذینفعان تنها به نفع خود جلوگیری گردد و مکانیسم تنبیه متخلفان نیز اجرایی شود.

منابع

1. Alizadeh, M.R., M.R. Nikoo and Gh.R. Rakhshandehrou. 2016. Developing an optimal groundwater allocation model considering stakeholder interactions; application of fallback bargaining models. Iran Water Resources Research, 11(3): 43-56 (In Persian).
2. Abdoly, Gh. 2011. Game theory and its applications. Iranian Students Booking Agency, 454 pp (In Persian).
3. Dinar, A. 2006. Water Allocation Strategies for the Kat Basin in South Africa: Comparing Negotiation Tools and Game Theory Models. World Bank Policy Research Working Paper, 4083pp.
4. Fang, L., K. Hipel and M. Kilgour. 1993. Interactive Decision Making: The Graph Model for Conflict Resolution, Wiley, New York.
5. Golami, M., A. Shahnazari, M. Mortezapour and M. Shahnourian. 2016. Conflict resolution of Sefidrud Irrigation and Drainage Network with Game Theory. Journal of Iran Water Resources Research, (In press).
6. Hardin, G. 1968. The tragedy of the commons. Science, 162: 1243-1248.
7. Hipel, K.W., D.M. Kilgour, L. Fang and M. Haight.1993. Environmental conflict resolution using the graph model. International conference on systems, Man and Cybernetics, systems engineering in the service of humans, Conference proceeding.
8. Kassab, M. and K.W. Hipel. 2006. Conflich Resolution in Construction Disputes Using the Graph model. Journal of Construction Engi. And Manag, 132(10): 1043-1052.
9. Madani, K. 2010. Game theory and water resources. Journal of Hydrology, 31(3-4): 225-238.
10. Madani, K. and K.W. Hipel. 2011. Non-cooperative stability definitions for strategic analysis of generic water resources conflicts. Water Resource Manage, 25: 1949-1977.
11. Madani, K. and J. Lund. 2011. A Monte-Carlo game theoretic approach for multi-criteria decision making under uncertainty. Advances in Water Resources, 34(5): 607-616.
12. Madani, K. and M.A. Marino. 2009. System Dynamic Analysis for managing Iran Zayandeh-Rud river Basin. Water Resourses Manage, 23: 2163-2187.
13. Raquel, S., S. Ferenc, Jr.C. Emery and R. Abraham. 2007. Application of game theory for a groundwater conflict in Mexico. Journal of Environmental Management, 84: 560-571.
14. Rogers, P. 1969. A game theory approach to the problems of international river basin. Water Resources Research, 5(4): 749-760.
15. Rogers, P. and A.W. Holl. 2003. Effective water governance Stockholm. Golden Water Partnership, 1-7.
16. Safaee A, B. Malek Mohammadi. 2014. Game theoretic insights for sustainable common poll water resources governance (case study: Lake Urmia water conflict).Journal of Enviromental Studies, 40(1): 121-138 (In Persian).
17. Salazar, R. 2007. Application of game theory for a groundwater conflict in Mexico. Journal of environmental Management, 560-571.
18. Sensarma, S.R. and N. Okada. 2006. The process of conflict resolution: A case study ofichinose disaster management conflict, tottori prefecture. Japan Annual of Disas. Pre.Res. INS, Kyotouniv.
19. Sougrah Consulting Engineers. 1962. Report on Development of water resources of the province of Guilan. Guilan Regional Water Authority (In Persian).
20. Water Research Institute. 2010. Report on Studies on the sedimentation process in dam's reservoirs and the provision of a mathematical model for predicting the sedimentation pattern along with the case study of Sefidrood Dam. Guilan Regional Water Authority (In Persian).
21. Water Research Institute. 2011. Report on Integrated studies of water resources planning in Ghezloosen-Sefidrud watershed. Guilan Regional Water Authority (In Persian).
22. Zarezadeh, M., S. Morid, F. Fatemi and K. Madani. 2016. The strategic cooperation between Iran and Afghanistan in Helmand basin to allocate more water to environment and control opium cultivation using game theory approach. Iran Water Resources Research, 12(3): 12-21 (In Persian).

Water Governance in the Sefidrud Basin using the Theory of Games Approach

Mohammad Reza Mortezapour[1], Ali Shahnazari[2] and Mohammad Reza Khaledian[3]

1- P.hD. Student, of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2- Professor, of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
(Corresponding author: aliponh@yahoo.com)
3- Associate Professor, Water Engineering Dept., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, and Department of Water Engineering and Environment, Caspian Sea Basin Research Center
Received: July 26, 2017 Accepted: August 30, 2017

Abstract

Water resources management in the country has been confronted with conflicts over the last years due to increasing demand on one hand and decreasing renewable water per capita on the other hand. The game theory is one of the scientific methods for resolving conflicts in management. The purpose of this study is to investigate and provide a solution to the conflict resolution of downstream part of Sefidrud dam using game theory. For modeling and analysis of the conflict, Graph Model for Conflict Resolution (GMCR) was used. After determining players (Agricultural Jihad Organization, Regional Water Company, Farmers, Governorate and Environmental Organization) and options and inserting them into the model, 128 states were created in this conflict. It uses non-cooperative solution concepts. With regard to prioritize strategies by decision-makers, 4 situations were identified as equilibrium points. After the final analysis of the software، the most favorable state in the conflict between the points of equilibrium was the state of 96 that the farmers and the regional water company, respectively, have observed alternative irrigation and proper distribution of water required According to the results, solving these conflicts without effective governance in the large Sefidrud watershed is not possible due to the cooperation between the exploiters and the punishment of the offenders.

Keywords: Games Theory, Conflict, Equilibrium Points, GMCR Model, Sefidrud Basin