

## مقدمه

منابع طبیعی به عنوان یکی از ارکان جدایی ناپذیر زندگی انسان‌ها به شمار می‌روند [۲۶]. این در حالی است که روند رو به افزایش جمعیت کره زمین در سال‌های اخیر از یک سو و محدود بودن منابع طبیعی از سوی دیگر، مسائل فراوانی را برای جوامع بشری به ویژه کشورهای در حال توسعه به وجود آورده است، تخریب روز افزون منابع طبیعی افزون بر گسترش فقر، گرسنگی و قحطی و بروز بلایای طبیعی همچون سیل، خشک‌سالی و نظایر این‌ها جان میلیون‌ها انسان را نیز در معرض خطر جدی قرار داده است [۴۰]. اغلب این قبیل مشکلات نتیجه برنامه‌ریزی‌های تغییر کاربری جنگل و مرتع به کشاورزی یا مناطق مسکونی در جهت توسعه می‌باشند [۱۰]. با توجه به بروز چنین مسائلی، توجه به راه‌بردهای آبخیز محور برای مهار فرسایش و رسوب ضروری به نظر می‌رسد [۵۱]. در دهه‌های اخیر به دلیل تداوم بحران‌های محیط زیست، توجه به مسائل محیط زیستی در رسیدن به اهداف توسعه‌ای بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است [۱۶] و راه‌کارهای متعددی در بهره‌برداری مناسب و پایدار از منابع طبیعی در دنیا مطرح شده است که در این میان، آبخیزداری به عنوان روشی جامع و مناسب در مدیریت پایدار منابع طبیعی و انسانی، در حوزه‌های آبخیز بیش‌تر مورد توجه قرار گرفته است [۲۳].

آبخیزداری علمی است توأم با هنر که ضمن توجه به مسائل اقتصادی و اجتماعی منطقه، منجر به استفاد صحیح از اراضی حوزه آبخیز طبق برنامه‌های طرح‌ریزی شده می‌گردد و شامل مهار فرسایش خاک، تنظیم جریان‌های سیلابی و رسوب‌گذاری و اصلاح پوشش گیاهی منطقه می‌شود [۴۲]. به دلیل پیچیدگی و چند بعدی بودن سامانه زیست‌بوم‌ها و برخورداری از تأثیرات بلندمدت، تلفیق سامانه‌های آبخیز با سامانه‌های اقتصادی - اجتماعی رایج در یک منطقه و دخیل بودن عوامل انسانی به عنوان یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌ها در بهره‌برداری و حفاظت از حوزه‌های آبخیز، مدیریت آبخیزها نیازمند تدوین و اجرای فعالیت‌ها و برنامه‌های مدیریت مشارکتی<sup>۴</sup> هستند تا بتوان از نظریات و بازخوردهای ذی‌نفعان در مراحل مختلف تصمیم‌سازی استفاده کرد [۶۷].

## مدیریت مشارکتی

مدیریت جامع آبخیز<sup>۵</sup> به‌عنوان بهترین رویکرد مدیریتی، به دلیل

 معرفی و کاربرد تئوری بازی در مدیریت مشارکتی  
 حوزه‌های آبخیز

سیدحمیدرضا صادقی<sup>۱\*</sup>، مریم ادهمی<sup>۲</sup> و مجید شیخ‌محمدی<sup>۳</sup>  
 تاریخ دریافت: ۹۵/۰۵/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۲/۲۶

## چکیده

حوزه آبخیز یک سامانه پیچیده و پویاست که به عنوان واحد برنامه ریزی و مدیریت تلقی می‌شود. از این رو لحاظ تمام ابعاد فنی، اجتماعی، اقتصادی، فیزیکی، اکولوژیکی و سازمانی در فرآیندهای برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح آن ضروری است. حال از آنجا که معمولاً ذی‌نفعان مختلف دارای اهداف و نیازهای متقابل و گاه متضاد می‌باشند، لذا اتخاذ تصمیم برای مدیریت بهینه حوزه آبخیز دشوار می‌باشد. بر این اساس، برای رسیدن به مدیریت مشارکتی بایستی به ذی‌نفعان اجازه داده شود تا فعالانه در فرآیند تصمیم‌گیری دخالت کنند و نظرات خود در کلیه مراحل تصمیم‌گیری را ارائه نمایند. در این راستا، ابزارهای مختلف مدیریتی برای تسهیل فرآیند تصمیم‌گیری در شرایط چند هدفه تهیه شده‌اند. در این خصوص استفاده از رویکرد تئوری بازی به سبب امکان دست‌یابی به مدیریت مشارکتی از طریق لحاظ نظرات ذی‌نفعان مختلف در سطح حوزه آبخیز امکان پذیر می‌باشد. لذا در پژوهش حاضر سعی شده است تا ضمن معرفی تئوری بازی به‌عنوان یکی از ابزارهای کارا و نوین در علم تصمیم‌گیری، کاربرد آن در مدیریت مشارکتی برای کاهش اختلاف در بهره‌برداری از منابع مشاع حوزه‌های آبخیز مورد ارزیابی قرار گیرد. بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته، تئوری بازی نقشی اساسی در تحلیل اختلاف دیدگاه ذی‌نفعان داشته و برای انتخاب اقدامات مدیریتی آبخیزها روشی موثر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تصمیم‌گیری گروهی، مدل‌های بهینه‌سازی، مدل‌های مدیریتی، مدیریت حوزه آبخیز، مشارکت مردمی.

۱- استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، مازندران، نور، نویسنده مسئول Email:Sadeghi@modares.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، مازندران، نور.

۳- استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس.

4. CoManagement

5. Integrated Watershed Management (IWM)

تعدد عوامل موثر در تصمیم‌گیری و وابستگی‌های داخلی این عوامل، مدیران و برنامه‌ریزان را برای درک مسئله با مشکل مواجه می‌کند [۴]. مقدار اطلاعات و تقابل عوامل باعث می‌شود که بشر قادر به مشاهده کامل مسائل تصمیم‌گیری در مورد برنامه‌ریزی زمین نباشد. لذا برای حل این مشکل، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره<sup>۱</sup> راه‌کار مناسبی برای حل این‌گونه مسائل ارائه می‌نمایند [۶۳]. در واقع با استفاده از این روش‌ها با توجه به معیارهای مختلف تصمیم‌گیری، می‌توان بهترین گزینه یا گزینه‌ها از بین گزینه‌های موجود را انتخاب و اجرایی نمود [۲۷، ۵ و ۳۰]. در مطالعات مختلف، از روش‌های متعدد تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شده است. از آن جمله می‌توان به الگوریتم ژنتیک [۱]، تئوری مطلوبیت چندگانه<sup>۲</sup> [۳۲]، تحلیل سلسله‌مراتبی<sup>۳</sup> [۴۳]، روش منطق فازی<sup>۴</sup> [۶۶]، سامانه پشتیبانی تصمیم<sup>۵</sup> [۱۳]، برنامه‌ریزی چندهدفه<sup>۶</sup> [۶۹]، تئوری رأی‌گیری<sup>۷</sup> [۲۸]، رویکردهای تقابل<sup>۸</sup> [۲۲]، برنامه‌ریزی خطی<sup>۹</sup> [۳]، برنامه ریزی خطی چندمتغیره<sup>۱۰</sup> [۳۹] و تئوری بازی<sup>۱۱</sup> [۵۶] در زمینه‌های تخصیص منابع، مهار فرسایش و رسوب، پهنه‌بندی زمین لغزش، مدیریت آبخیز و مدیریت منابع آب اشاره نمود.

اغلب روش‌های اشاره شده، برای تصمیم‌سازی، معیارهای مشخص مربوط به هر جنبه از مسئله را تعیین کرده و به نظرسنجی یا مقایسه اهمیت معیارها و اولویت بندی آن‌ها می‌پردازند. در واقع این روش‌ها وابسته به نظر شخصی<sup>۱۲</sup> می‌باشند و وزن مربوط به اهمیت معیار مورد نظر کاملاً وابسته به نظر شخص امتیاز دهنده است [۳۶]. لذا عدم آگاهی نسبت به معیار مورد نظر، عدم درک روابط متقابل و درونی معیارها، عدم تخصص در زمینه مورد نظر و همچنین پیچیدگی این روش‌ها، نیاز به یک روش علمی و بدون نظر شخصی<sup>۱۳</sup> را آشکار می‌سازد. تئوری بازی با داشتن مزایای فوق جایگاه ویژه‌ای در تصمیم‌گیری چند متغیره دارد. از طرفی علاوه بر توجه به معیارهای مختلف مربوط به جنبه‌های متنوع سامانه آبخیز، دخالت نظر ذی‌نفعان از گروه‌های مختلف اعم از آبخیزنشینان، سیاست‌گزاران و بخش‌های اجرایی جزئی جدایی‌ناپذیر از مدیریت آبخیز می‌باشد. امروزه مشارکت مردم در روند توسعه، نزد صاحب‌نظران چنان جایگاهی یافته است که گاه توسعه را معادل با مشارکت دانسته‌اند و یا مشارکت را وسیله و هدف توسعه ذکر کرده‌اند [۶۰]. بر همین مبنای مدیران و سیاست‌گزاران باید تمام ابعاد

تشکیل‌دهنده سامانه آبخیز در برنامه‌ریزی حوزه آبخیز را لحاظ نمایند [۵۴]. اما با این وجود بخش مهمی از تصمیم‌های مدیریت آبخیزها بر پایه صرفه اقتصادی استوار بوده و به سایر جنبه‌های تاثیرگذار و تاثیرپذیر توجه نمی‌شود که این مدیریت با جنبه‌های مختلف محیط‌زیستی و اقتصادی - اجتماعی ممکن است در تضاد باشد [۵۲]. از این‌رو برای هماهنگ‌سازی این اهداف متفاوت، رویکرد مدیریت جامع حوزه آبخیز و گاهی در قالب بهترین اقدامات مدیریتی<sup>۱۴</sup>، ضروری است [۸]. از این‌رو در مدیریت کارای حوزه آبخیز، علاوه بر معیارهای مختلف، توجه به علائق، دیدگاه، نیاز و پیشنهادهای ذی‌نفعان پیچیدگی آن را دوچندان می‌کند. یک استراتژی مدیریتی موفق با احتمال پذیرش بالای مردمی و با استفاده از موازنه نتایج اجتماعی، اقتصادی، محیط‌زیستی و فیزیکی در مقیاس حوزه قابل انتظار می‌باشد. رویکرد مدیریت مشارکتی یک رویکرد ذی‌نفع‌محور<sup>۱۵</sup> است که به تمامی ذی‌نفعان اجازه می‌دهد به‌صورت فعالانه در فرآیند تصمیم‌گیری دخالت نمایند [۶۵ و ۵۳]. این رویکرد امروزه در هر گوشه از جهان در حال افزایش بوده و نقش مهمی در تصمیم‌گیری‌ها برای مدیریت منابع طبیعی ایفا می‌کند [۷۰، ۲۴، ۳۵ و ۲۵].

پژوهش‌های فراوانی در زمینه‌های متنوع برنامه‌ریزی‌های کلان، اعم از برنامه‌ریزی منابع طبیعی [۲۹]، توسعه‌های بین‌المللی [۱۷] و زیرساخت‌های شهری [۴۱] برای مدیریت مشارکتی انجام شده است. تئوری بازی به عنوان راه حلی چندبعدی در زمینه‌های مختلف تصمیم‌گیری از قبیل حل مشکلات مدیریت منابع بین‌المللی [۳۴] و [۶۲]، تحلیل خطر [۱۸]، تخصیص آب [۶۸ و ۴۸] و بهینه‌سازی [۹] مورد استفاده قرار گرفته است. اغلب مسائل تصمیم‌گیری در مدیریت منابع طبیعی با موضوعات متضاد از قبیل حداکثر کردن سودهای اقتصادی و حداقل کردن اثرات محیط‌زیستی منفی رو به رو است. در این شرایط تصمیم‌گیران به تعیین یک راه حل توافقی پرداخته به‌نحوی که به یک رفتار قابل قبول اجتماعی دست یابند. لازم به ذکر است در رسیدن به یک راه حل، هر تصمیم‌گیر به حداکثر سود خود می‌اندیشد [۵۶]. از این‌رو تبیین رویکرد مشارکتی در راستای مدیریت پایدار آبخیزها اجتناب‌ناپذیر است. این رویکرد به‌عنوان بهترین اقدامات مدیریت مشارکتی<sup>۱۶</sup>، چارچوب مدیریت سازگار حوزه آبخیز<sup>۱۷</sup> را تشکیل می‌دهد.

### کاربرد تئوری بازی برای مدیریت مشارکتی

تئوری بازی یک روش ریاضی برای حل مسائل تخصیص منابع مشترک و تقابل اهداف متضاد است. این روش با شناسایی حالت‌های بهینه بین بازیکن‌های مختلف و گزینه‌های متنوع مسئله را حل می‌نماید. بازیکن‌ها می‌توانند افراد مختلف تصمیم‌گیرنده

1. Multi Criteria Decision Making (MCDM)
2. Multiattribute Utility Theory (MAUT)
3. Analytical Hierarchy Process (AHP)
4. Fuzzy Logic System
5. Decision Support System (DSS)
6. Multi Objective Programming (MOP)
7. Voting Theory
8. Interactive Approaches
9. Linear Programming
10. Multiobjective Linear Programming
11. Game Theory
12. Subjective
13. Objective

14. Best Management Practices (BMPs)
15. Stakeholder Oriented Approach
16. Best CoManagement Practices (BCMPs)
17. Adaptive Watershed Management

و گزینه‌ها، معیارهای مدنظر تصمیم‌سازان باشند. هدف این روش رسیدن به فضایی است که در آن حداکثر خواسته هر بازیکن به شرط تأمین شدن حداکثر نیاز سایر بازیکنان، برآورده شود [۶۶]. فضای مذکور در علم مدیریت، فضای بهینه Pareto نامیده می‌شود [۴۸ و ۵۹].

الگوریتم‌های متنوعی از تئوری بازی برای حل مسائل مختلف مورد توجه پژوهش‌گران قرار گرفته است که هر کدام با شیوه خاصی سعی در کم کردن اختلاف بین اهداف و رسیدن به تصمیم نهایی داشته‌اند. از جمله الگوریتم‌های این روش می‌توان به الگوریتم نامتقارن Nash<sup>۱</sup>، معمای زندانیان<sup>۲</sup>، روش چانه‌زنی<sup>۳</sup>، الگوریتم Condorcet، الگوریتم امتیازدهی Borda<sup>۴</sup> بازی ترسوها<sup>۵</sup>، بیان صفر<sup>۶</sup> و الگوریتم ورشکستگی<sup>۷</sup> اشاره کرد. الگوریتم‌های مذکور بر اساس ویژگی‌های ذاتی خود به دسته‌های متقارن-نامتقارن<sup>۸</sup>، مجموع صفر-مجموع غیر صفر<sup>۹</sup>، تصادفی-غیر تصادفی<sup>۱۰</sup> و با آگاهی کامل-بدون آگاهی کامل<sup>۱۱</sup> طبقه‌بندی می‌شوند.

بازی متقارن بازی است که نتیجه و سود حاصل از یک راه‌برد تنها به این وابسته است که چه راه‌بردهای دیگری در بازی پیش گرفته شود. در مقابل، بازی‌های نامتقارن اغلب بازی‌هایی هستند که مجموعه راه‌بردهای یکسانی برای بازیکنان در بازی وجود ندارد. بازی‌های مجموع صفر بازی‌هایی هستند که ارزش بازی در طی بازی ثابت می‌ماند و کاهش یا افزایش پیدا نمی‌کند. اما در بازی‌های مجموع غیر صفر راه‌بردهایی موجود است که برای همه بازیکنان سودمند است. بازی‌های تصادفی شامل عناصر تصادفی هستند و بازی‌های غیر تصادفی بازی‌هایی هستند که دارای راه‌بردهایی صرفاً منطقی هستند. بازی‌های با آگاهی کامل، بازی‌هایی هستند که تمام بازیکنان می‌توانند در هر لحظه تمام ترکیب بازی در مقابل خود را مشاهده کنند، اما در بازی‌های بدون آگاهی کامل، ظاهر و ترکیب کل بازی برای بازیکنان پوشیده است.

تئوری بازی در نهایت جمع‌بندی و تجزیه و تحلیل تضاد منافع، رویکردی مدیریتی و جامع را ارائه می‌دهد که به عنوان یکی از بهترین اقدامات مدیریتی می‌تواند در دست‌یابی به هدف غایی مدیریت جامع حوزه آبخیز مورد استفاده قرار گیرد. به علاوه با در دست داشتن نتیجه تحلیل‌های چندبعدی، تبیین اقدامات مدیریتی سازگار با حوزه مورد مطالعه و انتخاب بهترین آن‌ها تسهیل می‌شود. در این خصوص اسکرودی و همکاران [۹] برای ارتقای کیفیت آب حوزه،

1. Nash Non-cooperative Game
2. Prisoners Dilemma
3. Bargaining
4. Borda Scoring
5. Chicken Game
6. Zero-sum Games
7. Bankruptcy
8. Symmetric – Asymmetric
9. Zero Sum – Nonzero Sum
10. Random – Nonrandom
11. Perfect Knowledge – Non-Perfect Knowledge

مشارکت ذی‌نفعان را با روش چانه‌زنی Nash از تئوری بازی مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. ایشان برای شبیه‌سازی حوزه از روش SWAT<sup>۱۲</sup> و برای بهینه‌سازی از کلونی مورچگان<sup>۱۳</sup> استفاده کردند و سپس مناسب‌ترین اقدام با هدف نهایی کاهش هزینه‌های مدیریتی را انتخاب نمودند. نتیجه کار به حداقل رساندن هزینه‌ها و افزایش سود ۴۸ درصدی حاصل از این امر بود که با استفاده از بررسی همه‌جانبه تئوری بازی محقق شده است. همچنین اوچلر و همکاران [۶۶] در ترکیه در حوزه آبخیز Namazgah به منظور انتخاب بهترین اقدام مدیریتی، سود اقتصادی کاربری‌ها، افزایش کیفیت آب و حفاظت از منابع زمین را با تئوری بازی و الگوریتم چانه‌زنی تجزیه و تحلیل نموده و اثر اقدامات مختلف را سنجیدند. در نهایت بهترین اقدامات موثر بر کیفیت آب و افزایش درآمد از قبیل جایگزینی منبع معیشتی جدید، کاهش استفاده از کودها، جایگزینی کشت سبزی و میوه به جای گندم پیشنهاد شدند.

در ایران نیز صبحی و مجرد [۴۸] به منظور مدیریت منابع آب زیرزمینی حوزه آبخیز اترک از نظریه بازی کمک گرفتند. در این مطالعه، میزان بهره‌برداری بهینه از منابع آب زیرزمینی برای شش سناریوی مختلف برداشت آب، با استفاده از منحنی بهینه Pareto و چهار روش دیگر تعیین شد. بر همین اساس تصمیم‌گیری بهینه در بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و وابسته به اهمیت وزن‌های دو گروه محیط‌زیستی و اقتصادی اتخاذ شد. در مطالعه ای مشابه، شوشتریان و همکاران [۵۸] مدل اقتصادی-زیستی جدیدی برای تحلیل اثر عملیات زراعی آب و خاک در کامفیروز استان فارس با استفاده از تئوری بازی ارائه نمودند. کاربرد تئوری بازی برای حل مسئله کشمکش دو گروه بازی‌گر (محیط زیست و زارعان) نشان داد که این روش قادر به ایجاد تعادل میان اهداف متناقض در منطقه مطالعاتی بوده است. این مطالعه مبین این واقعیت بود که با به‌کارگیری عملیات زراعی مناسب می‌توان سامانه کشاورزی را به گونه‌ای مدیریت کرد که پایداری منابع برای آینده نیز حفظ شود. همچنین اکبری و همکاران [۱] به بررسی و انتخاب سیاست‌های پایدار تخصیص آب به ذی‌نفعان مختلف پرداختند، به طوری که آب با کیفیت و میزان مناسب برای ادامه حیات پیکره آبی در دسترس باشد و اهداف اقتصادی هر یک از ذی‌نفعان نیز تأمین شود و بین ذی‌نفعان و محیط‌زیست توافق به وجود آید. بدین منظور از تئوری بازی در حوزه آبخیز زاینده‌رود و باتلاق گاوخونی استفاده شد. رویکرد بهینه، تخصیصی بود که تأمین حداقل نیاز آبی تالاب در آن لحاظ و سناریو تأمین‌کننده حداکثر نیاز ذی‌نفعان برتر از سایر رویکردها ارزیابی شد.

با توجه به آنچه که ذکر شد تئوری بازی برای اجرایی شدن مدیریت مشارکتی، با توجه به نیازهای ذی‌نفعان و تصمیم‌گیران مختلف در انتخاب و اعمال بهترین اقدامات مدیریتی در آبخیزهای مورد بررسی نقش اساسی خواهد داشت.

12. Soil and Water Assessment Tool  
13. Ant Colony

به‌نظر می‌رسد که تضاد دیدگاهی در مدیریت منابع حوزه آبخیز یکی از بزرگ‌ترین دلایل عدم موفقیت در مدیریت آبخیزهای کشور باشد. از این‌رو اقدام به بررسی نیازهای ذی‌نفعان با اهداف مختلف و تلاش برای نزدیک نمودن اهداف آن‌ها به عنوان یک BMP ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. متأسفانه در رویکردهای مدیریتی فعلی حتی در حالتی که به تصمیم‌گیری مشارکتی پرداخته می‌شود، گزینه‌ها از سوی مدیر، تصمیم‌گیر یا سیاست‌گذار ارائه شده و تنها امتیازدهی یا وزن دهی و یا اولویت بندی گزینه‌ها بر عهده ذی‌نفعان می‌باشد. حال آن‌که ضرورت رویکردی برای تعامل معیارها با هم و رسیدن به تصمیم بهینه کاملاً در سامانه پویای آبخیز آشکار است. با توجه به آن‌چه ذکر شد تاکنون پژوهش‌های مختلفی در بررسی منابع آب و خاک حوزه آبخیز به‌عنوان یک منبع مشترک انجام شده که هر یک به‌طور جداگانه به بررسی جنبه‌های مختلفی از این منابع پرداخته‌اند. با وجود این، بررسی هم‌زمان جنبه‌های مختلف مدیریت منابع مشاع با دید کاهش اختلاف خواسته‌های کاربران مختلف اجرایی، تخصصی، سیاست‌گذاری و آبخیزنشینان در دست‌یابی به مدیریت بهینه و پایدار منابع آبخیز، آن‌طور که باید مورد توجه نبوده است. هم‌چنین علی‌رغم توانایی تئوری بازی در حل مسائل چندمعیاره و چندتصمیم‌گیر، کاربرد آن در زمینه آبخیزداری و با هدف تبیین الگوریتم مناسب برای تهیه یک چارچوب مدیریت مشارکتی مورد استفاده قرار نگرفته است، حال آن‌که تضادهای درونی نیازمندی‌های ذی‌نفعان مختلف ضرورت کاربرد الگوی مدیریتی سازش‌پذیر را تأیید کرده است. این چارچوب مدیریت مشارکتی می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری‌های پایدار و کارا در سازمان‌های متولی منابع آبخیز اعم از وزارت جهاد کشاورزی، وزارت نیرو، سازمان حفاظت محیط‌زیست و تصمیم‌گیران سیاسی قرار بگیرد.

#### منابع

- 1- Akbari, N., Niksokhan, M.H. and Ardestani, M. 2015. Optimal water allocation using cooperative game theory (Case Study: Zayandeh Roud Watershed). *Journal of Environmental Studies*. 40(4): 875-889.
- 2- Amani, M. and Najafinejad, A. 2014. Prioritization of Sub Watersheds based on Morphometric Analysis, GIS and RS Techniques: Lohandar Watershed. *Journal of Watershed Management Research*. 5(9): 1-14.
- 3- Amir, A. and Fisher, F.M. 1999. Analyzing Agricultural Demand for Water with an Optimizing Model. *Agricultural Systems*. 61: 45-56.
- 4- Asadi Nilvan, A., Rezaie, F. and Saghazadeh, N. 2013. Assessment of Watershed Catchment

بهترین اقدامات مدیریتی، مجموعه اقدامات مهارتی (شامل اقدامات فنی، اقتصادی و ملاحظات نهادی) هستند که به‌عنوان مناسب‌ترین روش به حداقل رساندن آلودگی‌های غیرنقطه‌ای در سراسر جهان شناخته شده‌اند [۱۹]. دامنه وسیع اثرگذاری اقدامات مدیریتی در آبخیزها باعث شده تا مدیران در انتخاب اقدامات مناسب، با نبود داده‌های بلندمدت، با دشواری روبرو شوند. اقدامات مختلف بسته به ویژگی‌های رخصاره‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، کاربری اراضی، هیدرولوژی و هواشناسی، اثر متفاوتی بر رواناب سطحی، رسوب تولیدی و هزینه جبران خسارت و اثربخشی متفاوت BMPs [۲۵] را به‌دنبال خواهد داشت. تأثیرات BMPs می‌توانند با توجه به مقیاس‌های مختلف از قبیل کرت، قطعه زمین [۳۱] و حوزه آبخیز [۱۵] متغیر باشند. هم‌چنین، با وجود تنوع در BMPs، برخی متغیرها روند پایدار دارند. به‌گونه‌ای که تغییر میزان رواناب بعد از اجرای اقدامات آبخیزداری به خصوص در خاک‌های کم‌عمق، کم و گاهی بدون تغییر [۷] گزارش شده است.

به‌هر تقدیر لازمه اجرای BMPs، اولویت‌بندی منطقه مورد مطالعه و مشارکت در تصمیم‌گیری است. بدین منظور شناسایی مناطق آسیب‌پذیر برای سازمان‌ها، مدیران حفاظت آب و خاک، سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران در زمینه توسعه ضروری است [۶]. به‌عبارت دیگر اولویت‌بندی یعنی طبقه‌بندی بخش‌های مختلف منطقه مورد مطالعه برحسب نیاز آنها به اقدامات حفاظتی است و نیاز به اطلاعات دقیق در مورد عملکرد نیروهای محرکه در فرآیند فرسایش دارد [۲۹] به‌خصوص زمانی که منابع محدود در اختیار باشد، اجرای BMPs تنها در زیرحوزه‌های با قابلیت بیشتر برای بهبود کل حوزه آبخیز، باعث هدایت صحیح و موثر بودجه، منابع انسانی، تجهیزات و سایر منابع به آن خواهد شد. از آن‌جا که روش‌های مختلف اولویت‌بندی نتایج متفاوتی در شناسایی مناطق بحرانی دارند، لذا زمانی که تصمیم مدیریتی اتخاذ می‌شود بایستی از راه‌های گوناگون و با دقت بیش‌تر به مسئله پرداخته شود. به‌عبارت دیگر مدل‌ها و روش‌ها تنها ابزاری برای تصمیم‌گیری بهینه است اما اتخاذ تصمیم صحیح برعهده مدیر می‌باشد [۳۳]. بررسی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که اولویت‌بندی حوزه‌های آبخیز برای مدیریت کارا و اقتصادی از سال‌ها پیش مورد توجه پژوهش‌گران و متخصصین منابع طبیعی قرار گرفته است هر چند تنها پرداختن به یک بعد از سامانه پیچیده آبخیز اعم از میزان فرسایش خاک [۶۴]، میزان تولید رسوب [۱۴ و ۲] و کیفیت آب [۵۷] یا در برخی موارد دو بعد وابسته به هم مانند میزان رسوب و رواناب [۳۷ و ۳۸]، سیل‌گیری و فرسایش خاک [۱۱] و رواناب و سیل‌خیزی [۶۱] بیش‌تر مورد توجه بوده است. برای تحقق این اهداف از روش‌های طبقه‌بندی مختلفی از جمله روش سلسله‌مراتبی، سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، منطق فازی، مدل‌های تجربی مختلف و بررسی ویژگی‌های خاک استفاده شده است [۴۷]، [۶]، [۵۵]، [۴۶]، [۴۴]، [۲۱]، [۲۰]، [۵۰] و [۱۲].

- Natural Resources). 66(1): 73-88.
- 13- Dragan, A., Savic, J.B. and Mark, S.M. 2011. A DSS Generator for Multi-Objective Optimisation of Spreadsheet-Based models, *Journal of Environmental Modeling and Software*. 26(5): 551-561.
  - 14- Gajbhiye, S., Sharma, S.K. and Meshram, C. 2014. Prioritization of Watershed through Sediment Yield Index Using RS and GIS Approach, *International Journal of u-and e-Service. Science and Technology*. 7(6): 47-60.
  - 15- Gitau, M.W., Gburek, W.J. and Jarrett A.R. 2005. A Tool for Estimating Best Management Practice Effectiveness for Phosphorus Pollution Control. *Journal of Soil and Water Conservation*. 60(1): 1-10.
  - 16- Golshiri Esfahani, Z. and Saraei, M.H. 2011. Strategic Planning for Rural Environmental System Using SOWT Analysis (Case Study: Gandoman District, Boroojen Township). *Journal of Rural Research*. 1(4): 73-98.
  - 17- Gonzales, J.L., Lauder, K. and Melles, B. 2000. Opting for Partnership, Governance Innovations in Southeast Asia, Ottawa, Institute on Governance.
  - 18- Homburg, C. and Scherpereel, P. 2008. How Should the Cost of Joint Risk Capital be Allocated for Performance Measurement? *European Journal of Operational Research*. 187(1): 208-227.
  - 19- Ice, G. 2004. History of Innovative Best Management Practice Development and its Role in Addressing Water Quality Limited Waterbodies. *Journal of Environmental Engineering*. 130(6): 684-689.
  - 20- Izanloo, H., Moradi, H.R. and Sadeghi, S.H.R. 2009. Comparison of Temporal Prioritizing of Flooding in Different Hydrological Periods (Case Study: Kooshkabad Sub-Watersheds in Khorasan Razavi Province). *Watershed Management Researches (Pazhohesh & Sazandegi)*. 82:21-30.
  - 21- Khosroshahi, M. and Saghafi, B. 2005. Spatial Priority of Flood Potential Areas a New Method for Flood Control in Watershed. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 12(2): 128-138.
  - 22- Kim, S.H. and Ahm, B.S. 1999. Interactive Group Decision Making Procedure under Incomplete Ecological Power with Taxonomy Method for Watershed Comprehensive Management (Case Study: Watershed Zydasht, Taleghan). *Environmental Erosion Researches*. 3(3): 15-26
  - 5- Bekele, E.G. and Nicklow, J.W. 2005. Multi Objective Management of Ecosystem Services by Integrative Watershed Modeling and Evolutionary Algorithms. *Water Resources Research*. 41 (10).
  - 6- Bewket, W. and Teferi, E. 2009. Assessment of Soil Erosion Hazard and Prioritization for Treatment at the Watershed Level: Case Study in the Chemoga Watershed, Blue Nail Basin, Ethiopia. *Land Degradation and Development*. 20(6): 609-622.
  - 7- Bishop, P.L., Hively, W.D., Stedinger, J.R., Rafferty, M.R., Lojpersberger J.L. and Bloomfield, J.A. 2005. Multivariate Analysis of Paired Watershed Data to Evaluate Agricultural Best Management Practice Effects on Stream Water Phosphorus. *Journal of Environmental Quality*. 34(3): 1087-1101.
  - 8- Cai, X., McKinney, D.C. and Lasdon, L. 2003. An Integrated Hydrologic-Agronomic-Economic Model for River Basin Management. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 129(1): 4-17.
  - 9- Cao, G.H., Jiang, D.L. and Tang, R.J. 2011. Dynamic Optimal Decision Based on Watershed Eco-Compensation-Application of Differential Game Theory. *Journal of Systems Engineering and Electronics*. 11, 011.
  - 10- Davudirad, A.A., Sadeghi, S.H. and Sadoddin, A. 2016. The Impact of Development Plans on Hydrological Changes in the Shazand Watershed, Iran. *Land Degradation and Development*. 27(4): 1236-1244.
  - 11- Dehghani Firouzabadi, N., Jamali, A.A. and Hasanzadeh Nafoti, M. 2014. The Effect of Watershed Management Measures on Flood Mitigation using Mathematical Model HEC-HMS (Case study: Tezerjan Watershed, Yazd). *Geographic Space*. 47: 163-182.
  - 12- Dehghani, M., Ghasemi, H. and Malekian, A. 2013. Spatial Prioritization of Flood Mitigation and Soil Erosion Control Practices using Fuzzy Logic Approach (Case study: Foorg Watershed). *Journal of Range and Watershed Management (Iranian Journal of*

- Multicriteria Decision Analysis: A Comprehensive Decision Approach for Management of Contaminated Sediments. *Risk Analysis*. 26(1): 61-78.
- 33- Liu, B., Siu, Y.L., Mitchell, G. and Xu, W. 2016. The Danger of Mapping Risk from Multiple Natural Hazards. *Natural Hazards*. 82(1): 139-153.
- 34- Madani, K. 2010. Game Theory and Water Resources. *Journal of Hydrology*. 381(3-4): 225-238.
- 35- Margerum, R.D. 2011. *Beyond Consensus*. MIT Press: Cambridge Mass.
- 36- Mendoza, G.A. and Martins, H. 2006. Multi-Criteria Decision Analysis in Natural Resource Management: A Critical Review of Methods and New Modelling Paradigms. *Forest Ecology and Management*. 230(1): 1-22.
- 37- Mishra, A., Kar, S. and Singh, V.P. 2007. Prioritizing Structural Management by Quantifying the Effect of Land Use and Land Cover on Watershed Runoff and Sediment Yield. *Water Resources Management*. 21(11): 1899-1913.
- 38- Mohammadi, A.A. and Ahmadi, H. 2010. Sub Basins Priority for Planning and Reclamation (Case Study: Maroof Watershed). *Journal of Territory*. 29: 69-77.
- 39- Nikkami, D., Elektorowicz, M. and Mehuys, G.R. 2002. Optimizing the Management of Soil Erosion. *Water Quality Research Journal of Canada*. 37(3): 577-586.
- 40- Nouri Kamari, A., Yarali, N.A. and Mafi Gholami, D. 2009. Analysis of Affecting Factors on Public Participation in Watershed Projects. *First International Conference on Water Resources Management*. Shahroud, 81-90. [http://www.civilica.com/Paper-ICWR01-ICWR01\\_044.html](http://www.civilica.com/Paper-ICWR01-ICWR01_044.html).
- 41- Ogu, V.I. 2000. Stakeholders' Partnership Approach to Infrastructure Provision and Management in Developing World Cities: Lessons from the Sustainable Ibadan project. *Habitat International*. 24(4): 517-533.
- 42- Plaster, E. 2002. *Soil Science and Management* (Second Eds), Delmar Publisher Inc., 182 p.
- 43- Pourghasemi, H.R., Biswajeet, P. and Candan, G. 2012. Application of Fuzzy Logic and Analytical Information. *European Journal of Operational Research*. 116(3): 498-507.
- 23- Koehler, B. and Koontz, T.M. 2008. Citizen Participation in Collaborative Watershed Partnerships. *Environmental management*. 41(2): 143-154.
- 24- Koontz, T.M. 2004. Collaborative Environmental Management: What Roles for Government? *Resources for the Future*.
- 25- Koontz, T.M. and Newig, J. 2014. From Planning to Implementation: Top-Down and Botto-Up Approaches for Collaborative Watershed Management. *Policy Studies Journal*. 42(3): 416-442.
- 26- Krywkow, J. and Hare, M. 2008. Participatory Process Management, *International Congress on Environmental Modeling and Software*, EMSs. PP. 888-899.
- 27- Lamy, F., Bolte, J., Santelmann, M. and Smith, C. 2002. Development and Evaluation of Multiple-Objective Decision-Making Methods for Watershed Management Planning. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*. 38(2): 517-529.
- 28- Laukkanen, S., Kangas, A. and Kangas, J. 2002. Applying Voting Theory in Natural Resource Management: A Case of Multiple-Criteria Group Decision Support. *Journal of Environmental Management*. 64(2): 127-137.
- 29- Leach, W.D. and Pelkey, N.W. 2001. Making Watershed Partnerships Work: A Review of the Empirical Literature. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 127(6): 378-385.
- 30- Lee, C.S. 2012. Multi-Objective Game-Theory Models for Conflict Analysis in Reservoir Watershed Management. *Chemosphere*. 87(6): 608-613.
- 31- Lee, J.G., Selvakumar, A., Alvi, K., Riverson, J., Zhen, J.X., Shoemaker, L. and Lai, F.H. 2012. A Watershed-Scale Design Optimization Model for Storm Water Best Management Practices. *Environmental Modelling and Software*. 37: 6-18.
- 32- Linkov, I., Satterstrom, F.K., Kiker, G., Seager, T.P., Bridges, T., Gardner, K.H. and Meyer, A. 2006.

- Effect on Runoff and Soil Loss Control using Rice Mulch under Laboratory Conditions. *Solid Earth*. 6(1): 1-8.
- 52- Sadeghi, S.H.R., Jalili, K. and Nikkami, D. 2009. Land Use Optimization in Watershed Scale. *Land Use Policy*. 26(2): 186-193.
- 53- Sadoddin, A., Letcher, R.A., Jakeman, A.J., Croke, B.W. and Newham, L.T.H. 2011. A Bayesian Model Decision Support System for Salinity Management, the First Sustainable Watershed Management Conference (SUWAMA). 19-21 September, Istanbul, Turkey.
- 54- Sarangi, A., Madramootoo, C.A. and Cox, C. 2004. A Decision Support System for Soil and Water Conservation Measures on Agricultural Watersheds. *Land Degradation and Development*. 15(1): 49-63.
- 55- Sarma, S. and Saikia, T. 2012. Prioritization of Sub-Watersheds in Khanapara–Bornihat Area of Assam–Meghalaya (India) Based on Land Use and Slope Analysis Using Remote Sensing and GIS. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 40(3): 435-446.
- 56- Sheikhmohammady, M. and Madani, K. 2008. Sharing a Multi-national Resource through Bankruptcy Procedures. In *World Environmental and Water Resources Congress*.
- 57- Shen, Z., Zhong, Y., Huang, Q. and Chen, L. 2015. Identifying Non-Point Source Priority Management Areas in Watersheds with Multiple Functional Zones. *Water research*. 68: 563-571.
- 58- Shooshtarian, A., Zibaei, M. and Soltani, G.R. 2011. Investigating the Sustainability of Farming Systems Regarding Economic and Environmental Objectives: Case Study of Kamfirooz Region. *Agricultural Economics*. 4(4): 1-28.
- 59- Skardi, M.J.E., Afshar, A. and Solis, S.S. 2013. Simulation-Optimization Model for Non-Point Source Pollution Management in Watersheds: Application of Cooperative Game Theory, KSCE. *Journal of Civil Engineering*. 17(6): 1232-1240.
- 60- Taleb, M. and Najafi asl, Z. 2011. Doctrines of Rural Participation Trend in Iran. *Journal of Rural Research*. 1(2): 27-48.
- Hierarchy Process (AHP) to Landslide Susceptibility Mapping at Haraz Watershed, Iran. *Natural Hazards*. 63(2): 965-996.
- 44- Rahaman, S.A., Ajeez, S.A., Aruchamy, S. and Jegankumar, R. 2015. Prioritization of Sub Watershed Based on Morphometric Characteristics Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process and Geographical Information System–A Study of Kallar Watershed, Tamil Nadu. *Aquatic Procedia*. 4: 1322-1330.
- 45- Rao, N.S., Easton, Z.M., Schneiderman, E.M., Zion, M.S., Lee, D.R. and Steenhuis, T.S. 2009. Modeling Watershed-Scale Effectiveness of Agricultural Best Management Practices to Reduce Phosphorus Loading. *Journal of Environmental Management*. 90: 1385-1395.
- 46- Rawat, K.S., Tripathi, V.K. and Mishra, A.K. 2014. Sediment Yield Index Mapping and Prioritization of Madia Subwatershed, Sagar District of Madhya Pradesh (India). *Arabian Journal of Geosciences*. 7(8): 3131-3145.
- 47- Roni, P., Beechie, J.T., Bilby, E.R., Leonetti, E.F., Pollock, M.M. and Pess, R.G. 2002. A Review of Stream Restoration Techniques and a Hierarchical Strategy for Prioritizing Restoration in Pacific Northwest Watersheds. *North American Journal of Fisheries Management* 22(1): 1–20.
- 48- Sabouhi, M. and Mojarad, E. 2010. Application of Game Theory in the Management of Groundwater Resources in Atrak Watershed. *Journal of Agricultural Economic and Development*. 24: 1-12.
- 49- Sadeghi, S.H.R. 2005. A Semi-detailed Technique for Soil Erosion Mapping based on BLM and Satellite Image Applications. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 7(3, 4): 133-142.
- 50- Sadeghi, S.H.R., Azari, M. and Telvari, A.R. 2012. Assessment of Flood Control Measures by using HEC-HMS and HEC-RAS Models in GIS Environment (Case study: Jaghargh Watershed). *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*. 5(15): 69-72.
- 51- Sadeghi, S.H.R., Gholami, L., Sharifi, E., Khaledi Darvishan, A. and Homaeae, M. 2015. Scale

- 67- Vinov, A., Arctur, D. and Zaslavskiy, I., 2008. Community- Based Software Tools to Support Participatory Modeling: A vision, International Congress on Environmental Modeling and Software. PP. 766-774.
- 68- Wang, L.Z., Fang, L. and Hipel, K.W. 2003. Water Resources Allocation: A Cooperative Game Theoretic Approach. *Journal of Environmental Informatics*. 2(2): 11-22.
- 69- Weng, S.Q., Huang, G.H. and Li, Y.P. 2010. An Integrated Scenario-Based Multi-Criteria Decision Support System for Water Resources Management and Planning, A Case Study in the Haihe River Basin. *Expert Systems with Applications*. 37(12): 8242-8254.
- 70- Wondolleck, J.M. and Yaffee, S.L. 2000. *Making Collaboration Work: Lessons from Innovation in Natural Resource Management*, Island Press.
- 61- Tali-Khoshk, S., Mohseni Saravi, M., Vatakhah, M. and Khalighi-Sigarodi, S. 2015. Comparison of Neuro-fuzzy and SCS Methods in Sub-Watersheds Prioritization for Watershed Measures (Case study: Taleghan watershed). *Journal of Range and Watershed Management*. 68(2): 213-225.
- 62- Teasley, R.L. and McKinney, D.C. 2011. Calculating the Benefits of Transboundary River Basin Cooperation: The Syr Darya Basin. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 137(6): 481-490.
- 63- Tecle, A. 1992. Selecting a Multiriterion Decision Making Technique for Watershed Resources Management1: 129-140.
- 64- Thakkar, A.K. and Dhiman, S.D. 2007. Morphometric Analysis and Prioritization of Miniwatersheds in Mohr Watershed, Gujarat Using Remote Sensing and GIS Techniques. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 35(4): 313-321.
- 65- Tyler, S.R. 2006. *Comanagement of Natural Resources: Local Learning for Poverty Reduction*, IDRC.
- 66- Üçler, N., Engin, G.O., Köçken, H.G. and Öncel, M.S. 2015. Game Theory and Fuzzy Programming Approaches for Bi-Objective Optimization of Reservoir Watershed Management: A Case Study in Namazgah Reservoir. *Environmental Science and Pollution Research*. 22(9): 6546-6558.





## Abstract

**Introduction and Applicability of Game Theory in Watershed CoManagement**S. H.R Sadeghi\*<sup>1</sup>, M.Adhami<sup>2</sup> and M. Sheikhmohammadi<sup>3</sup>

Received: 2016/08/14 Accepted: 2017/05/16

A watershed is a complex and dynamic system which is identified as planning and management unit. Hence, considering all technical, socioeconomical, physical, ecological and organizational dimensions is essential for proper planning and management processes. Since, different stakeholders usually have conflicting goals and sometimes contradictory demands; decision making for the management of the watershed in order to achieve an optimal solution is difficult. Accordingly, to achieve the comanagement of the watershed, different stakeholders should be allowed to be involved actively in decision making processes. Toward this, various management tools have been developed to facilitate multi-objective decision making processes. In this regard, the application of game theory approach seems to be of use for the comanagement of the watershed with various stakeholders. To this end, the present study aimed to introduce game theory as one of novel and useful tools in decision making and to assess the applicability of the game theory in reducing conflicts upon common resources of watersheds as well. Based on previous studies, the game theory has an essential role in analyzing various viewpoints of stakeholders and is an effective method for opting watershed management practices, comprehensively.

**Keywords:** Group decision making, Management models, Optimization models, People's participation, Watershed management.

1. Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran, Corresponding Author, Email: sadeghi@modares.ac.ir

2. PhD Student of Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.

3. Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Tarbiat Modares University.