نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و هفتم، شماره اول، ۱۳۹۹
۱۴۵-۱۶۱
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2020.17096.3254

تحلیل تعامل بخش کشاورزی و صنعت در تخصیص آب با رویکرد بازی‌های غیرهمکارانه

مهسا نوری[۱]، *علیرضا عمادی[۲] و رامین فضل‌اولی[۲]

[۱]دانشجوی دکتری سازه‌های آبی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،
[۲]دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۰۸

چکیده

سابقه و هدف: مدیریت منابع آب اغلب با مناقشاتی مانند عدم رضایت آب‌بران از میزان آب تخصیص‌یافته به آن‌ها همراه است. در تخصیص منابع آب، ذی‌نفعان مختلفی نقش دارند و میزان تخصیص آب به هریک از آن‌ها، بر نوع رفتار استراتژیک آنان تأثیرگذار است. نظریه بازی‌ها روشی برای مطالعه رفتار استراتژیک تصمیم‌گیرندگان در مسائل مربوط به منابع آب با هدف تدوین استراتژی‌های مناسب است و می‌تواند در مدل‌سازی تخصیص آب مورد استفاده قرار گیرد. در این پژوهش، نظریه بازی‌های غیرهمکارانه با کاربرد تعاریف پایداری برای مدل‌سازی توافق دو جانبه بین بخش‌های صنعت و کشاورزی در شرایط نابرابر مورد استفاده قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، مسأله تخصیص آب بین بخش‌های صنعت و کشاورزی با استفاده از تعاریف مختلف پایداری مورد بررسی قرار گرفته است. هر یک از دو بخش صنعت و کشاورزی برای گسترش فعالیت خود نیاز به افزایش حجم آب دریافتی دارند. بخش کشاورزی در صورت دریافت هزینه، مقداری از آب تخصیص‌یافته به خود را به بخش صنعت خواهد داد و این درحالی است که بخش صنعت می‌تواند به‌جای پرداخت هزینه، ابزار و ماشین‌آلات مورد نیاز بخش کشاورزی را تهیه کند. بخش کشاورزی دو استراتژی تقسیم آب و عدم تقسیم آب را دارد، درحالی‌که بخش صنعت نیز دو استراتژی پرداخت و عدم پرداخت مالی را پیش‌رو دارد. برای حل این مسأله ارتباط دادن این بازی و یک بازی دیگر که در آن بخش صنعت بر بخش کشاورزی دارای امتیازاتی می‌باشد را می‌توان پیشنهاد نمود. در این حالت می‌توان امتیازهای انحصاری هر بخش را درنظر گرفت که در این صورت هر یک از دو بخش کشاورزی و صنعت از مزیت‌های همکارانه در این بازی، سود خواهند برد و تمایل کم‌تری به رفتار غیرهمکارانه از خود نشان می‌دهند.

یافته‌ها: در این پژوهش، بخش‌های صنعت و کشاورزی می‌توانند در بازی به سه شکل رفتار کنند: ۱- هر دو رفتار همکارانه داشته باشند. ۲- هر دو رفتار غیرهمکارانه داشته باشند. ۳- یکی از دو طرف رفتار همکارانه و دیگری رفتار

* مسئول مکاتبه: emadia355@yahoo.com

غیرهمکارانه داشته باشد. اگرچه هردو بخش صنعت و کشاورزی ممکن است به یکدیگر پرداخت‌های مالی داشته باشند، اما پیامدهایی که همراه با پرداخت مالی باشند، بر اساس پایداری‌های نش، حرکت محدود و دوراندیشی، پایدار نمی‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که پرداخت مالی، در این بازی ترکیبی راه حل مناسبی نمی‌باشد. درصورتی که پرداخت مالی غیرعملی در نظر گرفته شود، همه استراتژی‌های مرتبط با آن را می‌توان حذف نمود. در نتیجه بازی ترکیبی، به بازی کوچک‌تری تبدیل می‌شود. هر یک از دو بخش کشاورزی و صنعت، تمایلی به تغییر از رفتار همکارانه را به‌دلیل تهدیدهای ممکن از سوی بخش دیگر، ندارند. به‌عبارت دیگر، در صورتی‌که بخش کشاورزی تصمیم به تغییر رفتار را برای افزایش پیامد خود اتخاذ کند، بخش صنعت نیز تصمیم خود را تغییر خواهد داد. این دقیقاً رفتاری است که مطابق پایداری‌های GMR، SMR، SEQ، L_h و Non-Myopic نیز می‌باشد.

نتیجه‌گیری: در این پژوهش، از نظریه بازی‌های غیرهمکارانه و تعاریف پایداری به‌منظور مدل‌سازی تخصیص آب و توافق دوجانبه از سوی بخش‌های صنعت و کشاورزی استفاده گردید. مفهوم پایداری نش در پیدا کردن حل نهایی مسائل منابع آب که اغلب به‌شکل بازی‌های پویا و چند حرکته هستند، ممکن است کارآمد نباشد. پایداری دوراندیشی رفتار یک بازیکن را با اطلاعات کامل از تعاملات بازیکنان شبیه‌سازی می‌کند، که ممکن است برای مسائل منابع آبی نامناسب باشد، زیرا بازیکنان در دنیای واقعی نمی‌توانند بیش از چند حرکت را در نظر بگیرند و در آینده واکنش نشان دهند. سایر تعاریف پایداری معرفی شده می‌توانند امکان حل مناقشات آبی را بهتر پیش‌بینی کنند. کاربرد این مفاهیم پایداری می‌تواند کارایی مدل‌های مناقشات منابع آب را بهبود بخشد. زمانی‌که عدم قطعیت در رفتار بازیکنان وجود دارد، کاربرد مفاهیم پایداری سودمند بوده و می‌تواند راهکار مناسبی جهت تصمیم‌گیری بهتر در مسایل مدیریتی ارائه نماید.

واژه‌های کلیدی: تخصیص آب، تعاریف پایداری، حل مناقشات، مدیریت منابع آب، نظریه بازی‌های غیرهمکارانه

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت منجر به افزایش تقاضا برای منابع محدود شده و مدیریت آن‌ها را با مناقشات جدی مواجه کرده است. علاوه بر این، منابع آبی مشترک که توسط دو یا چند آب‌بر تقسیم شده و به مصرف می‌رسند، ممکن است باعث تشدید پیچیدگی در مدیریت و برنامه‌ریزی بخش منابع آب شود. در میان راهکارهای متعدد ارائه شده توسط پژوهشگران برای حل مناقشات موجود بین آب‌بران مختلف و بهبود مدیریت منابع آب، نظریه بازی‌ها یکی از روش‌هایی است که مورد استفاده قرار گرفته است. نظریه بازی‌ها ابزاری مناسب برای تعیین و تشخیص رفتار بخش‌های مختلف به‌هنگام برخورد با مشکل کمبود و توصیف چگونگی روابط بین آن‌ها می‌باشد که به‌طور رسمی در سال ۱۹٤٤ توسط ون نیومن و موگنستن (۱۹۹٤) ارائه شد (۲۰). پس از آن پژوهشگران زیادی برای توسعه روش‌های مختلف نظریه بازی‌ها تلاش کردند. استرافین و هیانی (۱۹۸۱) به ارائه روشی مناسب برای تقسیم هزینه‌های مشترک سیستم سدها بین کاربرانشان پراختند. روش پیشنهاد شده برای حل این مشکل، روش نوکلئوس بر اساس مفهوم نظریه بازی‌ها و رفتار همکارانه بین بازیکنان می‌باشد (۱۹). هیپل و همکاران (۱۹۹۳) به ارائه راهکاری جهت حل مناقشات به‌وجود آمده پس از کشف ماده سرطان‌زا در آبخوان تأمین آب در کانادا با استفاده از روش غیرهمکارانه با مدل گراف پرداختند

(٦). ادامز و همکاران (١٩٩٦) چارچوب جدیدی را برای چانه‌زنی‌های چندجانبه و غیرهمکارانه، که می‌توان برای مفهوم‌سازی فرایندهای مذاکره استفاده کرد، ارائه نمودند. تجزیه و تحلیل مذاکرات سیاست آب در کالیفرنیا نشان داد مدل آن‌ها از ظرفیت بالایی برخوردار است (٢). گاردنر و همکاران (١٩٩٧) به بررسی رفتار استراتژیک در زمینه منابع آب زیرزمینی در غرب ایالات متحده با استفاده از روش غیرهمکارانه پرداختند. آن‌ها به‌دنبال راه‌حلی برای مدل‌سازی منابع آبی دینامیکی و یافتن تعادل کامل زیرمجموعه‌های بازی بودند. آن‌ها از نتایج آزمایشگاهی برای مشاهده رفتارهای ذی‌نفعان استفاده کردند. این آزمایش‌ها اثر رفتار استراتژیک فردی را بر کنترل تخلیه آب‌های زیرزمینی نشان داد (٤). فیسولد و کاسول (٢٠٠٠) به ارائه راهکارهایی جهت سیاست‌گذاری در زمینه استفاده از منابع آبی بین ایالات متحده و مکزیک به روش همکارانه پرداختند. آن‌ها مدلی را برای یک بازی چانه‌زنی تکرارشونده با استفاده از کمک‌های مالی مشترک توسعه دادند. نتایج آن‌ها نشان داد نظریه بازی‌ها می‌تواند به‌عنوان یک روش نسبتاً کم‌هزینه برای مدیریت و سیاستگذاری تخصیص آب استفاده شود (٣). لیپای و هیانی (٢٠٠٠) به بررسی تخصیص کارآمد و عادلانه هزینه‌های تأثیرگذار بر سیستم‌های آب شهری بین مناطق با توجه به دسته‌بندی‌های مختلف مشترکین و انواع تقاضا بر مبنای بازی‌های همکارانه پرداختند. آن‌ها برای هر سناریو، راه‌حلی با کم‌ترین هزینه با استفاده از روش جستجوی هوشمند ارائه کردند. روش محاسباتی ارائه شده توسط آن‌ها، تفکیک بهتر هزینه‌ها را با استفاده از طبقه‌بندی کاربران و نوع تقاضا انجام داد (٨). ساوئر و همکاران (٢٠٠٣) به توسعه رویکردی برای مدیریت کیفیت آب سطحی با توجه به قوانین پیچیده مربوط به محیط‌زیست با استفاده از بازی غیرهمکارانه با مدل چانه‌زنی و فرم بسط‌یافته پرداختند. آن‌ها به مقایسه نتایج حاصل از نظریه بازی‌ها و آزمایشات آزمایشگاهی در شرایطی با اطلاعات کامل پرداختند و در نهایت جنبه‌های سیاسی و اقتصادی رویکرد پیشنهادی را نیز مورد بحث قرار دادند (١٦). مدنی و هیپل (٢٠٠٧) به ارائه دیدگاه‌هایی در مورد مناقشات بین اسرائیل و کشورهای عربی در سراسر رود اردن و تعیین محتمل‌ترین نتیجه مناقشه با استفاده از بازی‌های غیرهمکارانه به‌روش مدل گراف پرداختند. هدف اصلی آن‌ها، نشان دادن چگونگی استفاده از مدل گراف برای درگیری‌های اجتماعی است. آن‌ها ادعا کردند که می‌توان بازی را به چند زیرمجموعه تقسیم کرد. مدل ارائه شده توسط آن‌ها، تعادل بازی را پیدا کرده و ائتلاف‌های احتمالی طرف‌های درگیری را پیشنهاد می‌کند (٩). اشریدر و همکاران (٢٠٠٧) به مدل‌سازی استراتژی‌های کاربرد فسفر توسط کشاورزان، که منجر به آلودگی آب در حوضه هاپکین در آن منطقه می‌گردد، با استفاده از بازی‌های همکارانه و غیرهمکارانه پرداختند. در پژوهش آن‌ها، مفهوم رویکرد نظریه بازی‌ها در توسعه استراتژی‌های بهینه برای مدیریت کیفیت آب مرتبط با آلودگی فسفر در یک منطقه کشاورزی در شرق ویکتوریا، تدوین شده است. همه پارامترهای موجود در مدل توسعه یافته توسط آن‌ها قابل اندازه‌گیری بوده و در نتیجه امکان جمع‌آوری داده‌های مناسب فراهم شده است (١٧). شیخ‌محمدی و مدنی (٢٠٠٨) به شناسایی نتیجه محتمل درگیری برای میزان تخصیص از دریای خزر و پیشنهاد برخی از تخصیص‌های احتمالی با استفاده از روش‌های چانه‌زنی و برخی از قوانین شناخته شده انتخاب اجتماعی پرداختند. آن‌ها نتایج روش‌های استفاده شده را مقایسه نمودند و مزایا و معایب هر روش را بیان کردند (١٨). نیک‌سخن و همکاران (٢٠٠٩) تجارت مجوز تخلیه بار آلودگی را با

کاربرد نظریه بازی‌ها مورد بررسی قرار داده و از روش‌های شاپلی و نوکلئوس برای بازتوزیع هزینه‌های تصفیه بهره بردند. آن‌ها متذکر شدند که با افزودن یک دستگاه تخلیه‌کننده به سیستم رودخانه و یا تغییر بارهای آلودگی و هم‌چنین تغییر عملکرد تصفیه‌خانه‌ها، باید در الگوی تجارت مجوز تخلیه تجدید نظر شود (۱٤). صادق و همکاران (۲۰۱۰) مسأله انتقال آب بین حوضه‌ای را با استفاده از روش‌های بازی‌های همکارانه به شکل فازی و غیرفازی مدل کرده‌اند. نتایج آن‌ها نشان داد که ارزش شاپلی بازیکنان، زمانی که در ائتلاف کل شرکت کنند در مقایسه با زمانی که در هیچ ائتلافی شرکت نکنند، بیش‌تر خواهد بود (۱۵). مهرپرور و همکاران (۲۰۱۵) به حل مناقشات در زمینه تخصیص منابع آب با استفاده از نظریه بازی‌ها پرداختند. آن‌ها از روش‌های شاپلی، نوکلئوس و نش برای تخصیص بهینه آب در حوضه زاینده‌رود استفاده نمودند و نتایج روش‌های مختلف نظریه بازی‌ها را با شاخص‌های پایداری مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد زمانی‌که ذی‌نفعان در ائتلاف کل شرکت کنند، بهترین نتیجه برای آن‌ها رخ خواهد داد. هم‌چنین به این نتیجه رسیدند که روش شاپلی نسبت به روش نوکلئوس و نش- هارسنی در ائتلاف کل و ائتلاف‌های جزئی با در نظر گرفتن سود ذی‌نفعان، از کارایی بهتری برخوردار است (۱۲). کراچیان و همکاران (۲۰۱۵) از نظریه بازی‌ها برای بررسی تعارض بهره‌برداری از آب سطحی و زیرزمینی در دشت رفسنجان استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که نقض سیاست‌های پایدار می‌تواند منجر به از دست رفتن هر عامل شود. هم‌چنین، نتایج آن‌ها نشان داد که موقعیت جغرافیایی عوامل می‌تواند نقش مهمی در استراتژی‌های انتخاب شده داشته باشد. علاوه بر این، اگر سازمان‌های مسئول، مقررات یا مجازات‌هایی را برای مصرف‌کنندگان آب در محیط غیرهمکارانه وضع کنند، مصرف‌کنندگان ممکن است مجبور شوند عملکرد خود را به‌سمت استراتژی‌های همکارانه تغییر دهند. (۷). هانگ و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی مدل بازی همکارانه فازی در تخصیص بار آلودگی پرداختند. آن‌ها از روش ارزش شاپلی فازی به‌منظور تخصیص سود حاصل از تشکیل ائتلاف استفاده نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که تشکیل ائتلاف فازی در افزایش سود اقتصادی سیستم تأثیر به‌سزایی دارد (۵). مرور مطالعات انجام شده نشان می‌دهد نظریه بازی‌ها در حل مناقشات آبی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. در دنیای واقعی، به‌دلیل علایق و اهداف متعارض بازیکنان، تمایل بازیکن برای بهینه کردن هدف خود و نیز عدم اعتماد در میان گروه‌ها، رفتار همکارانه کم‌تر دیده می‌شود. بنابراین، همه درگیری‌های منابع آبی لزوماً از نوع بازی‌های همکارانه نخواهد بود. با این‌حال تاکنون، پژوهش‌های چندانی در زمینه تخصیص منابع آب و تحلیل تعامل ذی‌نفعان و بخش‌های مختلف درگیر در مناقشات آبی با استفاده از نظریه بازی‌های غیرهمکارانه صورت نگرفته است. تعاریف پایداری در نظریه بازی‌های غیرهمکارانه مشخص می‌کند که کدامیک از خروجی‌های بازی، برای بازیکنان محتمل‌تر است. اگر حالتی برای یک بازیکن پایدار نباشد، تعاریف پایداری به پیش‌بینی چگونگی تغییر تصمیم بازیکن در طول بازی کمک می‌کند. در نظرگرفتن بیش از یک تعریف پایداری می‌تواند در پیش‌بینی تکامل و حل مناقشات مؤثر باشد. یک تعادل (جواب) زمانی ارزشمند و محتمل‌تر خواهد بود که ماهیت و قوانین حاکم بر بازی، با اصول تعریف پایداری استفاده شده، تطابق داشته باشد (۱۱). در این پژوهش، تمرکز بر روی به‌کارگیری تعاریف مختلف پایداری در نظریه بازی‌ها به روش غیرهمکارانه به‌منظور بررسی مسأله

تخصیص آب بین دو بخش صنعت و کشاورزی و نیز توافق دوجانبه بین آن‌ها بوده و نتایج حاصل از بازی غیرهمکارانه با استفاده از تعاریف پایداری مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. تحلیل تعامل این دو بخش با استفاده از بازی‌های غیرهمکارانه از نوآوری‌های این پژوهش می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نظریه بازی‌ها، یک مجموعه ابزار تحلیلی است، که تلاش می‌کند تا رفتار ریاضی حاکم بر یک موقعیت استراتژیک را در وضعیت‌های تعاملی و به هم پیوسته مدل‌سازی کند. هدف نهایی نظریه بازی‌ها، یافتن استراتژی بهینه برای بازیکنان است (۱۱). چنان‌چه بازیکنان با اتحادی یکپارچه به‌منظور برقراری شرایط مطلوب برای کل سیستم تصمیم‌گیری کنند، این بازی به صورت همکارانه مطرح می‌شود. در صورتی‌که هر بازیکن یا تصمیم‌گیرنده به‌طور کاملاً یک‌طرفه و با در نظر گرفتن اهداف و شرایط مطلوب خویش تصمیم‌گیری کند، بازی به‌صورت غیرهمکارانه مطرح می‌شود. تعاریف مختلف پایداری به‌کار رفته در این پژوهش عبارتنداز: پایداری نش، GMR[1]، SMR[2]، SEQ[3]، حرکات محدود و دوراندیشی (۱۱).

پایداری نش: برای بازیکن i حالت s پایداری نش است، اگر و تنها اگر هیچ حرکت بهبوددهنده یک جانبه‌ای برای بازیکن i موجود نباشد (مجموعه تصمیم‌گیری‌های i برای بهبود وضعیت از حالت s تهی باشد. ($R_i^+(s)=\phi$). به‌عبارت دیگر، اگر تصمیم‌گیرنده i با توجه به تصمیمات رقبا، با تغییر تصمیم خود نتواند بهتر عمل کند، هیچ انگیزه‌ای برای حرکت از حالت s نخواهد داشت. اگر حالت s پایداری نش برای همه تصمیم‌گیرندگان باشد (هیچ تصمیم‌گیرنده‌ای وجود نداشته باشد که بتواند با تغییر تصمیم خود با توجه به تصمیمات رقبا، بهتر عمل کند)، s تعادل نش می‌باشد (۱۳).

GMR: برای تصمیم‌گیرنده i حالت s پایداری GMR است اگر و تنها اگر هر حرکت بهبوددهنده بازیکن i از حالت s به حالت بهتر یا بدتر توسط حرکت بازیکن j محدود شود. در پاسخ به حرکت بازیکن i از حالت s به حالت x، بازیکن j ممکن است با حرکت به حالت z با سود کم‌تر برای هر دو بازیکن جهت تحریم حرکت بهبوددهنده بازیکن i به خود صدمه بزند. بنابراین، سود حالت z ممکن است کم‌تر یا بیش‌تر از حالت x برای بازیکن j باشد اما قطعا برای بازیکن i کم‌تر خواهد بود. در این شرایط بازیکن i، ترجیح می‌دهد از حالت s حرکت نکند. بنابراین، s پایداری GMR برای بازیکن i است. اگر حالت مذکور پایداری GMR برای همه بازیکنان بازی باشد، این حالت تعادل GMR خواهد بود (۱۱). تعریف پایداری GMR، رفتار یک بازیکن بسیار محافظه‌کار را شبیه‌سازی می‌کند. کسی که از ترجیحات رقیبانش آگاه است (اطلاعات کامل). چنین بازیکنی از هر گونه خطر در تصمیم‌گیری اجتناب می‌نماید. تعریف پایداری GMR فقط برای بازی‌هایی با حداقل دو حرکت برای هر بازیکن کاربرد دارد، زیرا در بازی‌های یک حرکته هیچ واکنشی برای پاسخ امکان‌پذیر نمی‌باشد. مفهوم پایداری نش برای بازی‌های یک حرکته مناسب است. کاربرد تعاریف پایداری نش در بازی‌های دنیای واقعی که یک حرکته نیستند در پیش‌بینی نتایج عملاً معتبر نیستند. بازیکن در تعریف پایداری GMR دارای افق دوحرکته است درحالی‌که بازیکن در تعریف پایداری Nash تنها یک حرکت پیش رو دارد.

1- General Met Rationality
2- Symmetric Met Rationality
3- Sequential Stability

SMR: برای بازیکن i حالت s پایداری SMR است اگر و تنها اگر نه تنها هر حرکت بهبوددهنده یک‌جانبه بازیکن i از s به x توسط حرکت بازیکن j از x به z تحریم شده، بلکه هیچ حرکت یک‌جانبه‌ای برای بازیکن i از z به y که سود بازیکن i در y بیش‌تر از سود آن در s باشد، قابل‌دسترس نیست. حالت s هم‌چنین پایداری SMR است اگر بازیکن i هیچ حرکت بهبوددهنده یک‌جانبه‌ای از حالت s نداشته باشد ($R_i^+(s)=\phi$). بنابراین تعادل نش یک تعادل SMR نیز می‌باشد. SMR تعریف پایداری محدودتری نسبت به GMR است و از این‌رو یک زیرمجموعه از GMR می‌باشد. SMR شبیه به GMR است به‌جز در این مورد که بازیکن i نه تنها حرکات ممکن خود و واکنش‌های ممکن بازیکن j به حرکات خودش را درنظر می‌گیرد، بلکه شانس‌های خود برای پاسخ به واکنش‌های بازیکن j را نیز در نظر دارد. در تعریف پایداری SMR، بازیکن دارای افق سه حرکته است و پیش‌بینی می‌کند که این درگیری پس از پاسخ به حرکت بازیکن مقابل خودش به پایان می‌رسد. یک بازیکن SMR بسیار محافظه‌کار است و پیش‌بینی بیش‌تری نسبت به بازیکن در تعریف پایداری GMR دارد. این بازیکن فرض می‌کند که در پاسخ به تصمیماتش، مخالفان حتی ممکن است برای جلوگیری از حرکت او به خود صدمه بزنند. مشابه GMR، SMR نیز برای بازی‌های با بیش از یک حرکت مناسب است.

SEQ: یک زیرمجموعه از GMR است که در آن بازیکن j فقط می‌تواند به حرکت بهبوددهنده یک‌جانبه بازیکن i با یک اقدام معتبر پاسخ دهد. یعنی حالت s یک SEQ است برای بازیکن i اگر و تنها اگر هیچ حالت بهتری از s برای بازیکن i قابل دسترس نباشد. بازیکن SEQ دارای پیش‌بینی متوسط است (افق دو حرکته) و به اندازه بازیکنان SMR و GMR محافظه‌کار نیست و با فرض این‌که بازیکن حریف هرگز مایل به صدمه زدن به خود برای تحریم کردن حرکت بهبوددهنده یک‌جانبه او نیست، برخی خطرات را انجام می‌دهد. این نوع رفتار اغلب در دنیای واقعی مناقشات مشاهده می‌شود.

Limited-Move Stability: بر اساس مفهوم پایداری حرکت محدود، بازیکن i می‌تواند یک توالی از عمل‌ها و عکس‌العمل‌ها را برای تعداد h حرکت تصور کند. برای دانستن این‌که حالت s در این تعریف برای بازیکن i پایدار است، توالی حرکت‌ها با استفاده از فرم بازی بسط‌یافته[1] و روش استقرای معکوس[2] برای تعیین پایداری به‌کار برده می‌شود (۱). فرض می‌شود که همه بازیکنان عقلایی بوده و حرکات بهینه انجام می‌دهند (بازیکنان تنها در صورتی حرکت یک‌جانبه انجام می‌دهند که مطمئن باشند در نهایت پیامد بهتری برای آن‌ها حاصل می‌گردد).

Non-Myopic Stability: پایداری Non-Myopic یک مورد خاص از پایداری Limited-Move است که در آن افق h بدون محدودیت افزایش می‌یابد. بازیکن Non-Myopic دارای بینش وسیعی است و می‌تواند در مورد تمام حرکات ممکن و عکس‌العمل‌ها در آینده فکر کند.

جدول ۱ تعاریف پایداری معرفی شده و نیز رفتار بازیکنان را نشان می‌دهد. توصیف پایداری، تعداد حرکت و اطلاع از ترجیحات بازیکنان در این جدول آمده است.

شکل ۱ نیز ارتباط بین مفاهیم حل را در بازی‌های توصیفی نشان می‌دهد. پایداری نش (L1) با پیش‌بینی محدود و تعداد حرکات زیرمجموعه‌ای از SMR، SEQ و GMR می‌باشد. SMR و SEQ هر دو

1- Extended Form
2- Backward Induction

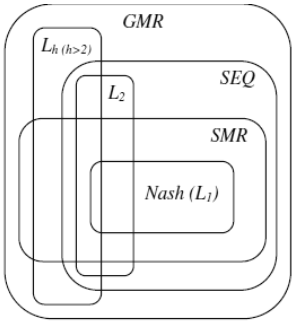
زیرمجموعه‌ای از GMR هستند. L2 زیرمجموعه‌ای از SEQ و GMR است. L_h (h>2) و مفاهیم پایداری Non-Myopic زیرمجموعه‌ای از GMR می‌باشد.

کاربرد تعاریف پایداری غیرهمکارانه در بخش کشاورزی و صنعت: در این بخش، به طرح مسأله بین دو بخش صنعت و کشاورزی پرداخته می‌شود. با توجه به این‌که بخش کشاورزی دارای عمده نیاز آبی می‌باشد و سهم زیادی از منابع آبی به این بخش اختصاص داده می‌شود، به نوعی یکی از نقش‌های کلیدی را ایفا خواهد کرد. بخش صنعت در مقایسه با بخش کشاورزی نیاز آبی کم‌تری دارد، اما این نیاز آبی کم نسبت به بخش کشاورزی، برای تولیدات بخش صنعت، ضروری و غیرقابل صرف‌نظر می‌باشد. هر یک از دو بخش برای گسترش فعالیت خود نیاز به افزایش حجم آب دریافتی دارند. بخش کشاورزی در صورت دریافت هزینه، مقداری از آب تخصیص‌یافته به خود را به بخش صنعت خواهد داد و این در حالی است که بخش صنعت می‌تواند به‌جای پرداخت هزینه، ابزار و ماشین‌آلات مورد نیاز بخش کشاورزی را تهیه کند.

جدول ۱- تعاریف پایداری و رفتار بازیکنان.

Table 1. Stability definitions and player behavior.

مفهوم حل Solution concept	توصیف پایداری Stability description	مشخصات Characteristics	
		تعداد حرکت Number of moves	اطلاع از ترجیحات Knowledge of preferences
Nash	تصمیم‌گیرنده نمی‌تواند به‌طور یک جانبه به یک حالت ترجیحی خود، تغییر تصمیم دهد Decision maker cannot unilaterally move to a more preferred state	۱ حرکت 1 move	بازیکن فقط از ترجیحات خود مطلع است Own
GMR	همه حرکات یک جانبه بهبوددهنده، توسط حرکت‌های بعدی دیگران مسدود می‌شوند All unilateral improvements are blocked by subsequent unilateral moves by others	۲ حرکت 2 moves	بازیکن فقط از ترجیحات خود مطلع است Own
SMR	همه حرکات یک‌جانبه بهبوددهنده بعد از پاسخ‌های احتمالی بازیکن اصلی، توسط حرکت‌های بعدی دیگران ممکن است مسدود شود All unilateral improvements are still blocked even after possible responses by the original player	۳ حرکت 3 moves	بازیکن فقط از ترجیحات خود مطلع است Own
SEQ	همه حرکات یک‌جانبه بهبوددهنده توسط حرکات یک‌طرفه بعدی دیگران مسدود می‌شوند All unilateral improvements are blocked by subsequent unilateral improvements by others	۲ حرکت 2 moves	هر بازیکن از ترجیحات دیگر بازیکنان مطلع است All
Limited Move	فرض بر این است که همه بازیکنان بهینه عمل می‌کنند و حداکثر تعداد تغییر تصمیم مشخص شده است All players are assumed to act optimally and maximum number of state transitions is specified	متغیر h moves	هر بازیکن از ترجیحات دیگر بازیکنان مطلع است All
Non-Myopic	یک مورد خاص از پایداری Limited-Move است که حداکثرتعداد حرکت به بی‌نهایت افزایش می‌یابد A special case of Limited-Move stability is that the maximum number of moves increases infinitely	نامحدود Unlimited	هر بازیکن از ترجیحات دیگر بازیکنان مطلع است All



شکل ۱- ارتباط بین مفاهیم حل (۱۱).

Figure 1. Interrelationships of solution concepts (11).

در شکل ۲ فرم ماتریسی مسأله تقسیم آب بین دو بخش نشان داده شده است. استراتژی‌هایی که بخش کشاورزی پیش رو دارد، تقسیم آب (Water Sharing) و عدم تقسیم آب (No Water Sharing) است. در حالی‌که بخش صنعت نیز دو استراتژی پرداخت هزینه (Payment) و عدم پرداخت هزینه (No Payment) را دارد که می‌تواند هر یک را اتخاذ کند. هر سلول شامل پیامدهای دو بخش صنعت و کشاورزی می‌باشد، که عدد سمت چپ مربوط به بخش کشاورزی و عدد سمت راست مربوط به بخش صنعت می‌باشد. به‌طور مثال سلول (Water Sharing, No Payment) نشان‌دهنده پیامد ۲- برای بخش کشاورزی و ٦ برای بخش صنعت می‌باشد. اعداد درون هر سلول فرضی هستند و برای روشن‌تر شدن موضوع استفاده شده‌اند. این اعداد فرضی و نسبی هستند و نسبیت آن‌ها به سود و یا ضرر هر بخش در قبال به‌دست آوردن و یا از دست دادن مقدار آب و یا تجهیزات است. به‌عنوان مثال، زمانی که بخش کشاورزی، هیچ سهمی از مقدار آب تخصیص‌یافته به خود را به بخش صنعت تحویل ندهد و بخش صنعت نیز پرداختی به بخش کشاورزی نداشته باشد، پیامد این تصمیم‌ها، سلول (۰،۰) در شکل ۲ خواهد بود که از لحاظ منطقی، قابل‌قبول می‌باشد. در صورتی که بخش کشاورزی مقداری از سهم حقابه خود را به بخش صنعت تحویل دهد و بخش صنعت پرداختی به بخش کشاورزی داشته باشد، بخش کشاورزی ۱ واحد و بخش صنعت ۲ واحد سود خواهند نمود. در اینجا فرض شده است که توانایی تولید بخش صنعت در ازای دریافت آب از بخش کشاورزی به‌نحوی است که سود بخش صنعت نسبت به بخش کشاورزی ۲ برابر خواهد شد. بخش کشاورزی در صورت تحویل مقدار آب به بخش صنعت و عدم دریافت هزینه، با توجه به این‌که تنها مقدار کمی از حقابه خود را به بخش صنعت داده است، در نتیجه ۲ واحد ضرر خواهد نمود. در حالی‌که بخش صنعت توانایی بالایی در افزایش تولید با توجه به میزان سهم آب دریافتی داشته و می‌تواند ٦ واحد سود کند. بخش صنعت با پرداخت هزینه آب به بخش کشاورزی و عدم دریافت آب، متحمل ضرر خواهد شد که برابر ۳- واحد در نظر گرفته شد. بخش کشاورزی نیز از یک‌سو سهم آب بخش صنعت را پرداخت نکرده و از سوی دیگر هزینه آن را دریافت نموده که در این حالت منطقی است که از سلول (Water Sharing, Payment) از سود بیش‌تری بهره‌مند گردد که برابر با ۲ واحد فرض شده است.

		صنعت Industry	
		P	NP
کشاورزی Agriculture	WS	1,2	-2,6
	NWS	2,-3	0,0

شکل ۲- فرم ماتریسی بازی تقسیم آب.

Figure 2. The matrix form of water sharing game.

برای حل این مسأله، ارتباط دادن این بازی و یک بازی دیگر که در آن بخش صنعت بر بخش کشاورزی دارای امتیازاتی می‌باشد را می‌توان پیشنهاد کرد. در این حالت می‌توان امتیازهای انحصاری هر بخش را در نظر گرفت که در این صورت هر یک از دو بخش کشاورزی و صنعت از مزیت‌های همکارانه در این بازی، سود خواهند برد و تمایل کم‌تری به رفتار غیرهمکارانه از خود نشان می‌دهند. در بعضی مواقع، بازیکنان به‌صورت آگاهانه طوری بازی خواهند کرد که در زیرمجموعه‌ای از بازی، متحمل ضرر شوند تا در مجموع بازی به سود بیش‌تری برسند. در شکل ۳ فرم ماتریسی مسأله تحویل ابزار و ماشین‌آلات کشاورزی بین دو بخش نشان داده شده است. استراتژی‌هایی که بخش کشاورزی پیش‌رو دارد، دو استراتژی پرداخت هزینه (Payment) و عدم پرداخت (No Payment) می‌باشد. درحالی‌که بخش صنعت نیز دو استراتژی تحویل (Delivery) و یا عدم تحویل ابزار و ماشین‌آلات کشاورزی (Non Delivery) را دارد که می‌تواند هر یک را اتخاذ نماید. پیامدهای موجود در شکل ۳ نیز با توجه به پیامدهای شکل ۲ و در نظر گرفتن منطق بین آن‌ها انتخاب شده‌اند. برای سلول (P,D) زمانی که بخش کشاورزی در قبال دریافت تجهیزات از بخش صنعت، پرداختی داشته باشد، پیامد ۲ و ۱ به‌ترتیب برای بخش‌های کشاورزی و صنعت در نظر گرفته شده است. این اعداد با مقایسه سلول (WS,P) در شکل ۲ انتخاب شده‌اند. به این ترتیب که فرض شده دریافت تجهیزات برای بخش کشاورزی منجر به افزایش سود آن بخش به‌میزان ۲ واحد است و بخش صنعت نیز سودی به‌میزان ۱ واحد در ازای دریافت پول دارد. در اینجا ارزش تجهیزات برای بخش کشاورزی به‌منظور افزایش بهره‌وری و تولید محصول، بیشتر از مقدار پول دریافتی برای بخش صنعت در نظر گرفته شده است. بقیه سلول‌ها را نیز به همین صورت می‌توان تحلیل نمود.

		صنعت	
		D	ND
کشاورزی	P	2,1	-3,4
	NP	5,-1	0,0

شکل ۳- فرم ماتریسی بازی تحویل ابزار و ماشین‌آلات کشاورزی.

Figure 3. The matrix form of delivery agricultural machinery.

در این بازی، بخش صنعت، امتیازی نسبت به بخش کشاورزی داشته و آن کنترل زمان تحویل ابزار و ماشین‌آلات به بخش کشاورزی می‌باشد. در صورت تحویل به موقع آن، بخش کشاورزی به راندمان و بهره‌وری بالاتری دست خواهد یافت. حال می‌توان با ترکیب دو بازی شکل‌های ۲ و ۳، به یک بازی ترکیبی دست یافت که هر یک از دو بخش کشاورزی و صنعت دارای ٤ استراتژی می‌باشند. نتایج ترکیب دو بازی اخیر، در یک بازی بزرگ‌تر در شکل (٤- الف) نشان داده شده است. در شکل (٤- ب) پیامدهای بازی ترکیبی برای هر سلول، شماره‌گذاری شده که فقط به‌منظور بحث و مقایسه پیامدهای سلول‌ها می‌باشد.

کشاورزی Agriculture	صنعت Industry	P D	P ND	NP D	NP ND
	WS P	3,3	-2,6	0,7	-5,10
	WS NP	6, 1	1,2	3,5	-2,6
	NWS P	4,-2	-1,1	2,1	-3,4
	NWS NP	7,-4	2,-3	5,-1	0,0

شکل ٤ (الف)- فرم ماتریسی ترکیب دو بازی.

Figure 4.a. The matrix form of interconnected game.

	P D	P ND	NP D	NP ND
WS P	1	5	9	13
WS NP	2	6	10	14
NWS P	3	7	11	15
NWS NP	4	8	12	16

شکل ٤ (ب)- شماره‌گذاری سلول‌های بازی ترکیبی.

Figure 4.b. Numbering of interconnected game cells.

نتایج و بحث

بازی‌های مجزا در شکل‌های ۲ و۳، یک حرکته نمی‌باشند و از نوع بازی‌های ادامه‌دار هستند که هر یک از دو بازیکن می‌توانند به دفعات متعدد، عمل و عکس‌العمل انجام دهند. بازی ادامه‌دار با بازی تکرارشونده متفاوت است (۱۱). در بازی ادامه‌دار، بازیکن، یک بازی را چندین مرتبه بازی می‌کند، به این صورت که بازیکن می‌تواند ترکیبی از استراتژی‌ها را به‌جای یک استراتژی منفرد استفاده نماید. در این حالت، فرض می‌شود که بازیکنان فقط مشغول یک

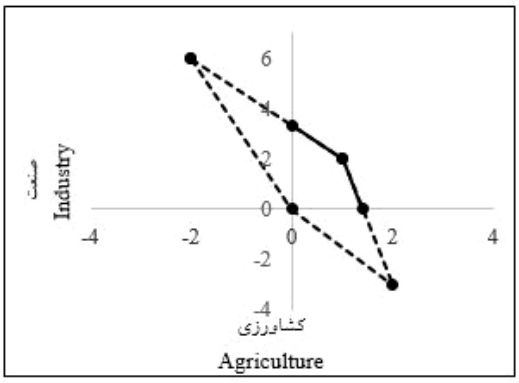
بازی می‌باشند. در حالی‌که آن‌ها می‌توانند استراژی خود را به هر چند بار که می‌خواهند، تغییر دهند. به‌طور معمول، در صورتی‌که شرایط بازی تغییر نکند بازیکنان به استراتژی خود پایبند بوده و آن را در طول بازی انجام خواهند داد. شکل ۳ از نظر ساختاری، همانند بازی معمای زندانی‌ها [1](PD) است و عدم همکاری، با استفاده از روش نش، استراتژی غالب[2] هر یک از دو بخش است. مدنی بازی معمای زندانی‌ها و کاربرد آن را در حل مناقشات تخصیص منابع مشترک آبی به‌طور جامع مورد بحث قرار داده است (۱۰). در صورتی‌که بخش کشاورزی، پرداختی را انجام ندهد، بدیهی است که بخش صنعت نیز استراتژی عدم تحویل را اتخاذ خواهد کرد که سلول (No Payment, Non Delivery) بازی خواهد شد. پیامد محتمل برای بازی نشان داده شده در شکل ۲، سلول (Water Sharing, Payment) و در شکل ۳ سلول (No Payment, Non Delivery) می‌باشد. زیرا هر یک از دو بخش کشاورزی و صنعت در فضایی بازی خواهند کرد که دارای پیامدهای مثبت باشند.

در شکل ۵ الف و ب، هر یک از نقاط در نمودارها متعلق به سلول‌های شکل‌های ۲ و ۳ می‌باشند و خط رسم شده بین هر دو نقطه، پیامدهای امکان‌پذیر بازیکنان را نشان می‌دهد. با توجه به شکل‌های ۲ و ۳، از نظر عقلانیت فردی[3]، پیامدهایی که دارای مقادیر مثبت می‌باشند، به عنوان خروجی بازی امکان‌پذیرند. به‌عبارت دیگر، بازیکنان تصمیمی را اتخاذ خواهند کرد که درصورت امکان، متحمل ضرر نشوند. بنابراین در این بازی، خطوط خط‌چین شکل ۵ به‌دلیل وجود مقادیر منفی امکان‌پذیر نخواهد بود. شکل ٦ پیامدهای محتمل بازی‌های مجزا و ترکیبی را نشان می‌دهد. دلیل استفاده از روش ترکیب دو بازی در این پژوهش، بررسی امکان وجود پیامد مطلوب‌تر در مقایسه با بازی‌های مجزا می‌باشد. روش ترکیب دو بازی مجزا با یکدیگر، تنها زمانی مفید خواهد بود که پیامدهای مقدم و موردنظر هر بازیکن در بازی ترکیبی، برابر با مجموع پیامدهای به‌دست آمده از هر یک از بازی‌های مجزا باشد. طبق پژوهش‌های فولمر و راگلند، در صورتی استفاده از روش ترکیب بازی‌های مجزا در نظریه بازی‌ها مفید خواهد بود که هر یک از بازی‌هایی که قرار است ترکیب شوند، از لحاظ استراتژی و پیامد مستقل از دیگری باشند. به‌عبارت دیگر، انتخاب استراتژی و پیامد حاصل از آن برای یک بازیکن در یک بازی، نباید بر بازی دیگر تأثیرگذار باشد. بازی ترکیبی حاصل شده دارای چهار استراتژی برای هر بخش می‌باشد. بخش‌های صنعت و کشاورزی می‌توانند در بازی به سه شکل رفتار کنند: ۱- هر دو رفتار همکارانه داشته باشند. ۲- هر دو رفتار غیرهمکارانه داشته باشند. ۳- یکی از دو طرف رفتار همکارانه و دیگری رفتار غیرهمکارانه داشته باشد. شکل (٤- الف) حاصل ترکیب دو بازی شکل‌های ۲ و ۳ و مربوط به ١٦ استراتژی ممکن در بازی ترکیبی است. پیامدهای بازی ترکیبی را می‌توان با جمع اعداد اصلی پیامدهای هر یک از دو بازی جداگانه به‌دست آورد. هر یک از سلول‌های شکل (٤- الف)، مربوط به مجموع پیامدهای بازی‌های مجزا است. به‌طور مثال، اگر در بازی مجزای اول، نتایج حاصل از انتخاب استراتژی‌ها برابر با (۱،۲) باشد و همین‌طور در بازی مجزای دوم، برابر با (۲،۱) باشد، در نهایت نتیجه آن در بازی ترکیبی برابر با (۳،۳) خواهد شد. برای بازی ترکیبی ارائه شده در این پژوهش از تعاریف پایداری که در بخش قبلی به‌طور کامل توضیح داده شد، استفاده گردیده و نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است. در این جدول همان‌طور که قبلاً بیان شد،

1- Prisoner Dilemma
2- Dominant strategy
3- Individual Rationality

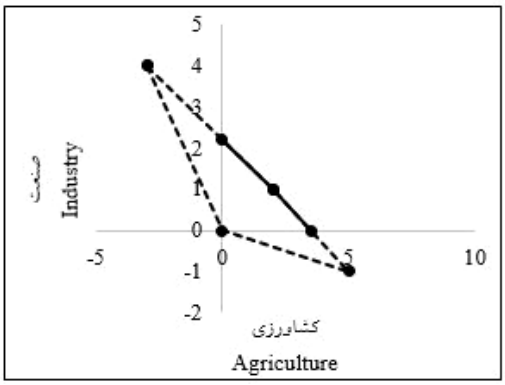
فقط سلول‌هایی که دارای پیامد مثبت هستند، مورد تحلیل و بررسی گرفته‌اند. L2، L3، L4 و Ln (n>4) مربوط به تعریف پایداری Limited-Move به‌ترتیب با ۲، ۳، ٤ و n حرکت می‌باشند.

نتایج نشان می‌دهد که سلول همکارانه ۱۰ (Water Sharing/No Payment, No Payment /Delivery) و سلول غیرهمکارانه ١٦ (No Water Sharing / No Payment, No Payment / Non Delivery) خروجی‌هایی با احتمال پیشامد بیش‌تری هستند. اگرچه هر دو بخش صنعت و کشاورزی ممکن است به یکدیگر پرداخت‌های مالی داشته باشند، اما براساس نتایج جدول ۲، پیامدهایی که همراه با پرداخت مالی باشند، بر اساس پایداری‌های نش و حرکات محدود (Limited move) و Non-Myopic، پایدار نمی‌باشد. به‌عبارت دیگر احتمال انتخاب استراتژی که همراه با پرداخت مالی باشد از سوی هر دوبخش کشاورزی و صنعت، کم است. سلول ١٦ تنها سلول دارای تعادل نش است. درحالی‌که با توجه به مفهوم تعادل نش، ممکن است به‌دلیل این‌که هر یک از دو بخش اجازه دارند بیش از یک حرکت را در طول بازی انجام دهند، پایداری مناسبی برای این بازی ترکیبی وجود ندارد. در بازی ترکیبی، اگر هر بخش با سلول ۱۰ شروع به بازی نماید، تمایل به ادامه رفتار همکارانه خواهد داشت. زیرا اعمال تهدید از جانب هر بخش به دیگری، باعث می‌شود آن بخش در موقعیت بدتری (پیامدهای کم‌تری) قرار گیرد. به بیان دیگر، همه حرکات یک‌جانبه بهبوددهنده از سلول ۱۰ به‌وسیله یک بخش، می‌تواند توسط بخش دیگر (حریف) مسدود گردد و یا مورد واکنش قرار گیرد. بنابراین، می‌توان گفت در بازی ترکیبی با کاربرد تعاریف پایداری، پیامد مطلوب‌تری نسبت به بازی‌های مجزا به‌دست می‌آید. سلول‌های ۱، ۲، ٦ و ۱۱ در تعاریف GMR، SMR، SEQ و L2 پایدارند، درحالی‌که در تعاریف Nash، L3، L4، Ln و Non-Myopic پایدار نیستند. این در حالی است که تمامی تعاریف پایداری به‌جز تعادل نش برای سلول ۱۰ صادق می‌باشند. نتایج نشان می‌دهد که پرداخت مالی، در این بازی ترکیبی راه‌حل مناسبی نمی‌باشد. درصورتی‌که پرداخت هزینه امکان‌پذیر نباشد، همه استراتژی‌های مرتبط با آن را می‌توان حذف نمود. بنابراین، بازی ترکیبی به بازی کوچک‌تری تبدیل شده که در شکل ۷ به فرم ماتریسی نشان داده شده است. بازی کوچک شده از نظر ساختار، شبیه بازی معمای زندانی‌ها می‌باشد. بنابراین سلول‌های (No Water Sharing, Non Delivery) و (Water Sharing, Delivery) دو خروجی ممکن بر اساس تعاریف پایداری می‌باشد. هر یک از دو بخش کشاورزی و صنعت، تمایلی به تغییر از رفتار همکارانه (Water Sharing, Delivery) را به‌دلیل تهدیدهای ممکن از سوی بخش دیگر، ندارند. به‌عبارت دیگر، در صورتی‌که بخش کشاورزی تصمیم به تغییر رفتار از سلول (Water Sharing, Delivery) به (No Water Sharing, Delivery) را برای افزایش پیامد خود اتخاذ کند، بخش صنعت نیز تصمیم خود را تغییر داده و سلول (No Water Sharing, Non Delivery) را بازی خواهد کرد. به‌دلیل این‌که برای بخش کشاورزی، سلول (No Water Sharing, Non Delivery)، پیامد کم‌تری نسبت به سلول (Water Sharing, Delivery) دارد، بخش کشاورزی استراتژی خود را از رفتار همکارانه به غیرهمکارانه تغییر نخواهد داد. این دقیقاً رفتاری است که مطابق پایداری‌های GMR، SMR، SEQ، Lh و Non-Myopic نیز می‌باشد. در نتیجه خروجی محتمل بازی کوچک شده (شکل ۷)، براساس تعاریف پایداری، سلول (Water Sharing, Delivery) می‌باشد.



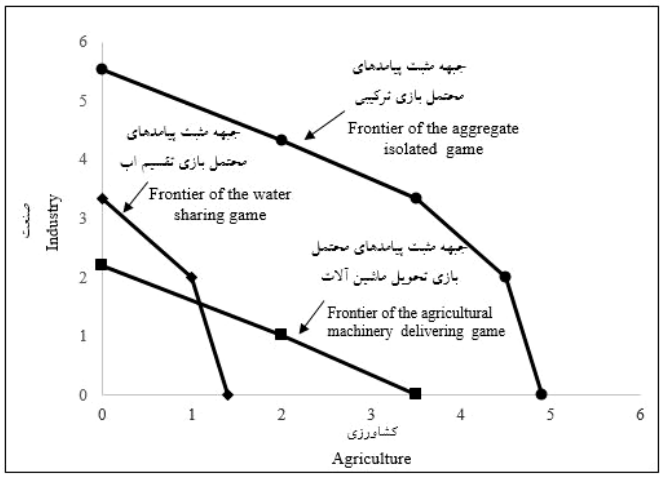
شکل ۵ (الف)- پیامدهای ممکن بازیکنان در بازی تقسیم آب.

Figure 5.a. Potential payoffs from water sharing game.



شکل ۵ (ب)- پیامدهای ممکن بازیکنان در بازی تحویل ابزار و ماشین‌آلات کشاورزی.

Figure 5.b. Potential payoffs from delivery agricultural machinery.



شکل ٦- پیامدهای محتمل بازی‌های مجزا و ترکیبی.

Figure 6. Potential payoffs from isolated and interconnected games.

جدول ۲- نتایج تحلیل پایداری برای بازی ترکیبی تقسیم آب و تحویل ابزار و ماشین‌آلات.

Table 2. Stability analysis results for the interconnected water sharing- delivering agricultural machinery game.

تعاریف پایداری stability definitions	شماره سلول Cell Number						
	1	2	6	9	10	11	16
Nash (L_1)					✓		✓
GMR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SMR	✓	✓	✓		✓	✓	✓
SEQ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
L2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
L3					✓		✓
L4					✓		✓
Ln (n>4)					✓		
Non-Myopic					✓		

		صنعت D	صنعت ND
کشاورزی	WS	3,5	-2,6
	NWS	5,-1	0,0

شکل ۷- بازنویسی بازی ترکیبی به فرم ماتریسی.

Figure 7. Revised interconnected game in matrix form.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش، از نظریه بازی‌های غیرهمکارانه و تعاریف پایداری به‌منظور مدل‌سازی تخصیص آب و توافق دوجانبه از سوی بخش‌های صنعت و کشاورزی استفاده گردید. نتایج نشان داد در بازی ترکیبی با کاربرد تعاریف پایداری، پیامد مطلوب‌تری در مقایسه با بازی‌های مجزا ایجاد می‌گردد. انتخاب تعاریف پایداری مناسب، موضوعی چالش برانگیز است با این حال، مدل‌سازی و تحلیل یک بازی با استفاده از مفاهیم پایداری هنگام عدم اطمینان در خصوص ویژگی‌های بازی و بازیکنان امکان‌پذیر و سودمند است. مفهوم پایداری نش در پیدا کردن حل نهایی مسائل منابع آب که اغلب به شکل بازی‌های پویا و چند حرکته هستند، ممکن است کارآمد نباشد. پایداری دوراندیشی رفتار یک بازیکن را با اطلاعات کامل از تعاملات بازیکنان شبیه‌سازی می‌کند، که ممکن است برای مسائل منابع آبی نامناسب باشد، زیرا بازیکنان در دنیای واقعی نمی‌توانند بیش از چند حرکت را در نظر بگیرند و در آینده واکنش نشان دهند. سایر تعاریف پایداری معرفی شده مانند GMR، SMR، SEQ و L2 می‌توانند امکان حل مناقشات آبی را بهتر پیش‌بینی کنند. کاربرد این مفاهیم پایداری می‌تواند کارایی و اعتبار مدل‌های مناقشات منابع آب را بهبود بخشد و دیدگاه‌های ارزشمندی را در مورد این مناقشات ارائه نماید. زمانی‌که عدم قطعیت در رفتار بازیکنان وجود دارد، کاربرد مفاهیم پایداری سودمند بوده و می‌تواند راهکار مناسبی جهت تصمیم‌گیری بهتر در مسایل مدیریتی ارائه نماید.

منابع

1. Abdoli, Gh. 2016. Game theory and its applications: Incomplete information, Evolutionary and cooperative games. Samt Press. 352p. (In Persian)
2. Adams, G., Rausser, G., and Simon, L. 1996. Modelling multilateral negotiations: an application to California Water Policy. J. Econ. Behav. Org. 30: 1. 97-111.
3. Fisvold, G.B., and Caswell, M.F. 2000. Transboundary water management: game theoretic lessons for projects on the US–Mexico border. J. Agric. Econ. 24: 101-111.
4. Gardner, R., Moore, M.R., and Walker, J.M. 1997. Governing a groundwater commons: a strategic and laboratory analysis of Western water law. Economic Inquiry. 35: 2. 218-234.
5. Huang, X., Chen, X., and Huang, P. 2018. Research on fuzzy cooperative game model of allocation of pollution discharge rights. J. Water. 10: 5. 2-11.
6. Hipel, K.W., Fang, L., Kilgour, D.M., and Haight, M. 1993. Environmental conflict resolution using the graph model. P 17-20. In: Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. Le Touquet, France.

7.Kerachian, R., Abed-Elmdoust, A., and Parsapour-Moghaddam, P. 2015. A Heuristic Evolutionary Game Theoretic Methodology for Conjunctive Use of Surface and Groundwater Resources. J. Water Resour. Manage. 29: 11. 3905-3918.
8.Lippai, I., and Heaney, P. 2000. Efficient and equitable impact fees for urban water systems. J. Water Resour. Plan. Manage. 126: 2. 75-84.
9.Madani, K., and Hipel, K.W. 2007. Strategic insights into the Jordan River conflict. P 1-10. In: Kabbes, K.C. (Ed.), Proceeding of the 2007 World Environmental and Water Resources Congress, Tampa, Florida. American Society of Civil Engineers.
10.Madani, K. 2010. Game Theory and Water Resources. J. Hydrol. 81: 225-238.
11.Madani, K., and Hipel, K.W. 2011. Non-Cooperative Stability Definitions for Strategic Analysis of Generic Water Resources Conflicts". Water Resource Management. Pp: 1949-1977.
12.Mehrparvar, M., Ahmadi, A., and Safavi, H.R. 2015. Social resolution of conflicts over water resources allocation in a river basin using cooperative game theory approaches: a case study. Inter. J. River Basin Manage. 14: 1. 33-45.
13.Nash, J.F. 1951. Non-cooperative games. Ann Math. 54: 2. 286-295.
14.Niksokhan, M.H., Kerachian, R., and Karamouz, M. 2009. A game theoretic approach for trading discharge Permitsin Rivers. J. Water Sci. Tech. 60: 3.793-804.
15.Sadegh, M., Mahjouri, N., and Kerachian, R. 2010. Optimal interbasin water allocation using crisp and fuzzy Shapley games. Water Resources management. 24: 10. 2291-2310.
16.Sauer, P., Dvorak, A., Lisa, A., and Fiala, P. 2003. A procedure for negotiating pollution reduction under information asymmetry. Environmental and Resource Economics. 24: 2. 103-119.
17.Schreider, S., Zeephongsekul, P., and Fernandes, M. 2007. A game-theoretic approach to water quality management. In: Oxley, L., Kulasiri, D. (Eds.), MODSIM 2007 International Congress on Modelling and Simulation, Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand. P 2312-2318. ISBN: 978-0-9758400-4-7.
18.Sheikhmohammady, M., and Madani, K. 2008. Bargaining over the Caspian Sea-the largest Lake on the earth. In: Babcock, R.W., Walton, R. (Eds.), Proceeding of the 2008 World Environmental and Water Resources Congress, Honolulu, Hawaii. American Society of Civil Engineers. Pp: 1-9.
19.Straffin, P., and Heaney, J. 1981. Game theory and the Tennessee valley authority. Inter. J. Game Theor. 10: 1. 35-43.
20.Von Neumann, J., and Morgenstern, O. 1944. Theory of games and economic behavior. Princeton University Press. Princeton. 776p.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 27(1), 2020
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2020.17096.3254

Analyzing the Interaction of Agriculture and Industry Sectors in Water allocation with the Non-Cooperative Game Approach

M. Noori[1], *A.R. Emadi[2] and R. Fazloula[2]

[1]Ph.D. Student of Water Structure, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University,
[2]Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
Received: 11.04.2019; Accepted: 01.28.2020

Abstract

Background and Objectives: Water resource management is often associated with conflicts such as the lack of satisfaction of water users with the amount of water allocated to them. Different stakeholders are involved in water resources allocation and the water allocation to each of them affects the type of their strategic behavior. The game theory is a method for studying the strategic behavior of decision makers in water resource issues with the goal of developing appropriate strategies and can be used in modeling water allocation. In this paper, the non-cooperative game theory by application of stability definitions is considered for the modeling of the bilateral agreement by the industry and agriculture sector in unequal conditions.

Materials and Methods: In this study, the water allocation issue between industry and agriculture sectors has been investigated by various stability definitions. Each of two industry and agriculture sectors needs to increase the amount of water to expand their activities. The agricultural sector is able to share its water to the industrial sector in exchange for the cost, while the industry can provide agricultural machinery and equipment in return for payment. The agricultural sector has two strategies, water sharing and no water sharing. While the industry sector also has two payment and no payment strategies that can take each one. In order to solve the problem, linking this game and another game in which the industry sector has advantages than the agricultural sector can be proposed. In this case, the exclusive privilege of each sector are considered, in which case each of the two agricultural and industrial sectors will benefit from the cooperative game and will less willingness to engage in non-cooperative behavior.

Results: In this study the industry and agriculture sectors can play in the game in three ways: 1- They have both cooperative behavior. 2- Both non-cooperative behaviors. 3- One side has cooperative behavior and the other has non-cooperative behavior. Although both industry and agriculture sectors may have payments to each other, but the outcome with payment, according to the Nash and Limited-Move and Non-Myopic stabilities, is not stable. The results show that financial payments in this interconnected game are not perfect solution. When the payment is considered impractical, all related strategies can be eliminated. Therefore, the interconnected game becomes smaller. Each of the two sectors of agriculture and industry does not have the desire to change the cooperative behavior due to possible threats from the other part. In other words, if the agricultural sector decides to change its behavior to increase its outcome, the industry sector has changed its decision. Therefore, the agricultural sector will not shift its strategy from cooperative to non-cooperative behavior. This is precisely the behavior that is consistent with the GMR, SMR, SEQ, Limited-Move and Non-Myopic stabilities.

* Corresponding Author; Email: emadia355@yahoo.com

Conclusion: In this research, the non-cooperative game theory and stability definitions have been used to model water allocation and bilateral agreement by the industry and agriculture sectors. The concept of Nash stability in finding the ultimate solution to water resource problems, which is often not a single-player game with dynamic nature, may fail. Non-Myopic stability simulates a player's behavior by understanding the interactions among decision-makers, which may be inappropriate for water resource issues, because players cannot take more than a few moves and react in the future in the real-world. Other stability definitions can better predict the possibility of solving the water conflict. The application of these stability concepts can improve the efficiency of conflict resolution models. When there is uncertainty about the behavior of players, the application of different stability concepts is useful and can provide a suitable solution for better decision making in management problems.

Keywords: Conflict resolution, Non-cooperative game theory, Stability definitions, Water allocation, Water resources management