فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد/ سال ششم/ شماره ۳/ پاییز ۱۳۹۸/ صفحات ۱۸۸-۱۶۵

تخصیص بهینه منابع آب زاینده‌رود بین استان‌های چهارمحال بختیاری، اصفهان و یزد با استفاده از نظریه بازی‌ها

غلامحسین کیانی[۱]
استادیار اقتصاد دانشگاه اصفهان gh.kiani@ase.ui.ac.ir
رحمان خوش‌اخلاق
استاد اقتصاد دانشگاه اصفهان rahmankh@yahoo.com
محمدمهدی کمال
دانشجوی دکترای اقتصاد دانشگاه اصفهان mm.perfection@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۲/۰۸ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۴/۲۵

چکیده
آب رودخانه زاینده‌رود در استان‌های چهارمحال و بختیاری، اصفهان و یزد در بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعت و شرب به صورت رقابتی استفاده می‌شود. در این پژوهش به این سوال پاسخ داده می شود که از دیدگاه اقتصادی، مقدار بهینه تخصیص منابع آب بین بخش‌ها و استان‌های مختلف چقدر است؟ برای پاسخ به این سوال از نظریه بازی‌ها، مدل بهینه‌یابی غیرخطی و توابع تقاضای سال ۱۳۹۲ استفاده شد. با حداکثرسازی اضافه رفاه مصرف‌کنندگان بخش‌های شرب سه استان، بخش کشاورزی استان اصفهان و چهارمحال و بختیاری و بخش صنعت استان اصفهان، میزان تخصیص بهینه در حالت‌های مختلف همکاری و غیر همکاری در قالب ائتلاف‌های سه‌گانه و دوگانه، ضمن بررسی وجود هسته، مشخص شد. نتایج این پژوهش نشان داد که در صورت همکاری بین بخش‌های مختلف سه استان، اضافه رفاه کل نسبت به شرایط عدم همکاری به میزان ۲/۹۵٪ افزایش پیدا خواهد کرد. در صورت ایجاد ائتلاف همکاری کامل بین سه استان، اضافه رفاه استان اصفهان به میزان ۶/۱۰٪ و استان یزد به میزان ۰/۰۹٪ نسبت به شرایط عدم همکاری افزایش خواهد یافت اما اضافه رفاه استان چهارمحال و بختیاری به میزان ۲۴/۴۹٪ کاهش پیدا خواهد کرد. لیکن از محل افزایش در اضافه رفاه استان‌های اصفهان و یزد می‌توان کاهش در اضافه رفاه استان چهارمحال و بختیاری را جبران نمود. درصورتی‌که تخصیص در حالت ائتلاف سه‌گانه به صورت شاپلی در بین بازیکن‌ها انجام بگیرد، تخصیص در هسته قرارگرفته و مکانیزم خودکاری ایجاد می‌شود که درنهایت موجب شکل‌گیری ائتلاف سه‌گانه خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: نظریه بازی‌ها، تخصیص بهینه آب، ارزش شاپلی، اضافه رفاه، زاینده‌رود
طبقه‌بندی JEL: Q25، Q34، Q54.

---

[۱] نویسنده مسئول مکاتبات

۱- مقدمه

با توجه به توسعه استان‌های اصفهان، یزد و چهارمحال و بختیاری و تأمین آب این سه استان از آب زاینده‌رود، نیاز آب برای شرب، صنعت و کشاورزی رو به افزایش است. در بین سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۵ تنها در سه سال میزان برداشت آب از این حوضه کمتر از آب ورودی به آن بوده است. از طرف دیگر انتقال آب زاینده‌رود به یزد روند صعودی داشته است و از ۲۷ میلیون مترمکعب در سال ۱۳۷۸ به ۵۳ میلیون مترمکعب در سال ۱۳۸۵رسیده است. این روند افزایشی انتقال آب به یزد در شرایطی رخ داده است که میزان آب داخل حوضه زاینده‌رود با کاهش چشمگیری روبرو بوده است (حاجیان و حاجیان[1]، ۱۳۹۲). سطح ایستایی آب استان اصفهان به‌صورت سالیانه ۰/۳ متر، استان چهارمحال و بختیاری ۰/۵ متر و استان یزد ۰/۴ متر کاهش می‌یابد (شرقی و کیانی[2]، ۱۳۸۷). میانگین ده ساله آورد سالیانه رودخانه زاینده‌رود به میزان ۱۰۰ میلیون مترمکعب کاهش پیداکرده است. میزان بارندگی نیز در استان اصفهان به‌صورت میانگین سالانه از ۲۱۱/۳ میلی‌متر در سال ۹۰ به ۱۱۵/۹ میلی‌متر در سال ۹۳ رسیده است. از لحاظ میزان ذخیره موجود آب، شرایط استان اصفهان طی ۴۴ سال گذشته بی‌سابقه بوده است و این استان در بدترین شرایط به سر می‌برد (حاجیان و حاجیان[3]، ۱۳۹۲).

با توجه به موارد یادشده، اهمیت نحوه تخصیص منابع آبی زاینده‌رود بیش از پیش مشخص می‌شود. در یکی از حالت‌های قابل تصور استان‌های مختلف می‌توانند بدون توجه به سایر استان‌ها، منابع آبی را صرفاً در بین بخش‌های داخلی خود تخصیص دهند و یا اینکه می‌توانند در بین خود به‌صورت بخشی تنها با یکی از استان‌های دیگر همکاری نمایند و درنهایت در حالت دیگری همه استان‌ها می‌توانند با هم همکاری نمایند. در هریک از این حالت‌ها نتایج مختلفی حاصل از همکاری و یا عدم همکاری استان‌ها حاصل خواهد شد.

حال سؤالی که در این پژوهش مطرح می‌شود عبارت است از اینکه تخصیص بهینه منابع آب بین بخشها و استانهای مختلف به چه صورت خواهد بود؟ اولویت‌های تخصیص

---

[1] Hajian & Hajian (2013)
[2] Sharghi & Kiani (2010)
[3] Hajian & Hajian (2013)

بین بخش‌های مختلف به چه صورتی خواهد بود؟ آیا استان‌های مختلف رویکرد همکارانه را به رویکرد عدم همکاری ترجیح خواهند داد؟ آیا ائتلافی بین استان‌های مختلف شکل خواهد گرفت؟

در ادامه ابتدا پیشینه پژوهش و مبانی نظری آن ارائه می شود. سپس به اختصار روش‌های مختلف تخصیص منابع آب بررسی می شود. سپس نظریه بازی‌ها و کاربرد آن در مسئله تخصیص منابع آب زاینده رود و مدل ریاضی آن ارائه می شود. در بخش پایانی نیز نتایج پژوهش در سناریوهای مختلف و نتیجه گیری و پیشنهادها ارائه می شود.

۲- پیشینه پژوهش و مبانی نظری

۲-۱- پیشینه پژوهش

از نظریه بازی‌ها در مطالعات متعددی جهت تخصیص بهینه منابع آب استفاده شده است که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره نمود:

زنگ[1] و همکاران (۲۰۱۹) به منظور تخصیص آب بین دو شهر در شمال چین، از نظریه بازی‌ها و برنامه‌ریزی ریاضی استفاده نموده‌اند. در مدل تخصیص آب ایشان هم کیفیت و هم کمیت آب در نظر گرفته شده است تا از این طریق هم به صورت بهینه تخصیص صورت بگیرد و هم به آلودگی موجود در آب توجه شود. در ابتدا، مالکیت اولیه در مورد منابع آبی و همچنین سهمی از رفع آلودگی برای دو بازیکن در نظر گرفته شده و سپس با استفاده از روش چانه زنی روبینشتاین[2] تعادل این فرآیند چانه‌زنی مشخص شده است. در مرحله بعد با استفاده از مفهوم هسته و راه‌حل نش در بازی همکارانه، راه حل پایدار این بازی مشخص شده است.

صدق‌آمیز[3] و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از مدل ریاضی برای حل تعارض در بین کشاورزان، پژوهشی را در استان گلستان انجام داده‌اند. با توجه به فرم توزیع قدرت در این مورد مطالعاتی ترکیبی از مدل رهبر پیرو و راه حل چانه‌زنی نش هارسانی مورد

[1] Zeng
[2] Rubinstein
[3] Sedghamiz

استفاده قرار گرفته است تا تخصیص بهینه آب و زمین کشت را مشخص نمایند. در مدل ایشان کشاورزان در نقش پیرو و آب منطقه‌ای در نقش رهبر قرار دارد.

پودیماتا[1] و یانوپولوس[2] (۲۰۱۵) در مقاله‌ای به ارزیابی تکامل نظریه بازی‌ها در مدیریت منابع آب پرداخته‌اند. در این مطالعه امکان بروز نزاع در صورت وجود منابع آب مشترک ارزیابی‌شده است. از نظریه بازی‌ها در مطالعه ایشان به‌عنوان روشی برای پیش‌بینی استراتژی‌های مختلف مورد استفاده قرارگرفته است. از نتایج مطالعه ایشان می‌توان در طراحی راه‌حل‌هایی برای مشکلات آبی استفاده نمود.

احمدی[3] و مورنو[4] (۲۰۱۳) جهت تخصیص بهینه منابع آب بین بخش‌های کشاورزی، صنعت و خانگی در دره مکزیک از مدل بازی سه نفره در شرایط غیر همکارانه استفاده کردند. در این پژوهش برای به دست آوردن تعادل نش از بهینه‌سازی غیرخطی بر اساس شرایط کان تاکر استفاده شد.

وی[5] و همکاران (۲۰۱۰) برای حل منازعه مربوط به تخصیص و آلودگی آب در پروژه انتقال جنوب به شمال آب در چین از نظریه بازی‌ها استفاده نموده‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد که مشارکت، موجب افزایش منفعت کل بازیکنان خواهد شد هرچند که شرایط همکاری موجب خواهد شد که بعضی از بازیکنان متضرر شوند.

مدنی[6] (۲۰۱۰) به ارزیابی امکان استفاده از نظریه بازی‌ها در حل مشکلات مربوط به مدیریت منابع آب پرداخته است. وی مشکلات مربوط به منابع آب را توصیف و طبقه‌بندی کرده و امکان استفاده از نظریه بازی‌ها برای حل نزاع و مدیریت منابع آب از طریق بازی‌های غیر مشارکتی ارائه داده است.

وانگ[7] و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای با استفاده‌ای از مدل توزیع همکارانه آب و از طریق برنامه‌ریزی ریاضی اقدام به حل منازعه مربوط به حوضه آبریزی در آلبرتای

---

[1] Podimata
[2] Yannopoulos
[3] Ahmadi
[4] Moreno
5 Wei
[6] Madani
7 Wang

جنوبی در کانادا کرده‌اند. مدل ایشان شامل دو قسمت کلی است. بخش اول مربوط به توزیع بر اساس حقوق اولیه و بخش دوم مربوط به باز توزیع منابع آب بر اساس منفعت خالص می‌باشد. برای رسیدن به بیشینه منفعت خالص به وسیله باز توزیع منابع آب در مرحله دوم، از بازی‌های به فرم همکاری استفاده شده است. نتایج حاصل از این مقاله نشان می‌دهد که بهترین روش برای بیشینه کردن رفاه و همچنین حداقل سازی آسیب ناشی از کمبود آب استفاده از روش همکاری در مقابل کمبود آب است؛ که این روش می‌توان پس از توزیع اولیه منابع آب با استفاده از حقوق مالکین به وسیله بازار آب و یا مکانیزم دیگر جهت انتقال منابع آب اجرایی شود.

پورزند و زیبایی[1](۱۳۹۰) برای بررسی برداشت بهینه از منابع آب دشت فیروز آباد با استفاده از نظریه بازی‌ها برای دو هدف اقتصادی و محیط زیست به استخراج مرز پرتو پرداخته و سپس به وسیله چهار روش راه‌حل نامتقارن نش، راه‌حل نامتقارن کلی اسمردینسکای، راه‌حل نامتقارن مساحت یکنواخت و راه حل زیان مساوی میزان برداشت بهینه برای این دو هدف را استخراج نموده است.

صبوحی و مجرد[2] (۱۳۸۹) مسئله تخصیص بهینه منابع آب بین مصرف کنندگان شهری، صنعتی و کشاورزی در حوزه آبریز اترک را با استفاده از نظریه بازی‌ها و بوسیله منحنی پرتو درچهار روش حل تضاد و در شش سناریوی بارندگی حل نمودند. همچنین صالحی[3] و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از نظریه بازی‌ها، میزان برداشت بهینه از منابع آب زیرزمینی دشت تایباد را مشخص کردند. در این پژوهش برای استخراج مرز پرتو از ماتریس تاوان استفاده شد که این ماتریس از بازده برنامه محصولات کشاورزی با استفاده از الگوهای اقتصاد سنجی به دست آمده است.

۲-۲- مبانی نظری

۲-۲-۱- انواع روش‌های تخصیص منابع آب مبتنی بر ارزش اقتصادی آب

به طور کلی روش‌های تخصیص بهینه منابع آب مبتنی بر ارزش اقتصادی آب بین مصارف مختلف را می توان به دو روش برنامه ریزی متمرکز یا دستوری و روش مبتنی

[1] Pourzand & Zibaei (2012)
[2] Sobuhi & Mojarad (2010)
[3] Salehi (2010)

بر بازار آب تقسیم نمود. در روش برنامه ریزی متمرکز، دولت‌ها با هدف حداکثر سازی منفعت کل جامعه حاصل از مصرف آب، با در نظر گرفتن محدودیت‌های موجود از جمله محدودیت منابع آب، قیود قانونی، حقوقی و ... سهمیه هر بخش را تعیین نموده آب و به بخش‌های مختلف اقتصاد تخصیص می دهد.

در روش مبتنی بر بازار آب بر اساس ارزش اقتصادی و از تعامل بین خریداران و فروشندگان در بخش‌های مختلف تخصیص می یابد. معمولاً در بازار شرایطی فراهم می‌شود تا منابع از مصارف با ارزش تولیدی کم به سمت مصارف با ارزش تولیدی زیاد، حرکت کند. البته این موضوع در شرایطی رخ خواهد داد که بازار رقابت کامل حاکم باشد (خوش‌اخلاق[1]، ۱۳۷۸). از دیدگاه اقتصادی برای ایجاد بازار رقابتی، شرایطی باید وجود داشته باشد. اول اینکه بازار باید دارای تعداد زیادی خریدار و فروشنده باشد که همگی نسبت به قوانین بازار اطلاعت کاملی داشته و هریک با هزینه مبادلاتی یکسانی مواجه باشند. دوم اینکه تصمیمات گرفته‌شده توسط خریداران و فروشندگان مستقل از یکدیگر باشد. در اینصورت اگر افراد به دنبال بیشینه کردن سودهای خود باشند و در صورت فقدان اثرات خارجی و با فرض ورود و خروج آزاد به بازار می‌توان پایداری بازار آب را متصور شد (دینار[2]و همکاران، ۲۰۱۰). علاوه بر این از آنجائی که منابع آب کالای عمومی هستند، تعریف صحیح و شفاف حقابه‌ها لازم می باشد. همچنین کاهش هزینه مبادلات از طریق تفکیک مالکیت آب از زمین، ضمانت اجرایی مبادلات و کاهش هزینه اداری مبادلات ضروری می باشد (کیانی[3]،۱۳۹۵).

همانطور که ملاحظه می شود علیرغم مزیت بازار آب در تخصیص منابع آب، راه اندازی آن نیازمند نهاد سازی و فراهم سازی بسترهای قانونی، اجتماعی و ... بوده و یک فرایند بلند مدت می باشد. به همین دلیل برای رسیدن به تخصیص بهینه در کوتاه‌مدت، روش متمرکز پیشنهاد می‌شود. یکی از ابزارهای پرکاربرد برای یافتن مقدار تخصیص بهینه در این روش نظریه بازی‌ها می‌باشد که در ادامه به اختصار به آن پرداخته خواهد شد.

---

[1] KhooshAkhlagh (1998)
[2] Dinar
[3] Kiani (2016)

۲-۲-۲- نظریه بازی‌ها

از نظریه بازی‌ها می‌توان در راستای یافتن چارچوب مطالعاتی واکنش‌های استراتژیک‌های تصمیم‌گیرندگان برای یافتن راه‌حل استفاده نمود. در حالت کلی نتایج حاصل از نظریه بازی‌ها قابلیت اجرایی شدن زیادی دارد. به این دلیل که در نظریه بازی‌ها به واکنش‌های افراد اهمیت داده می‌شود. این در صورتی است که گاهی درروش‌های بهینه یابی معمول برای حل مشکلات مربوط به چندین تصمیم‌گیرنده واکنش افراد بدون توجه قرار می‌گیرید.

نظریه بازی‌ها نشان‌دهنده این نکته است که چگونه تعامل استراتژی‌های بازیکنان با لحاظ ترجیحات آن‌ها منجر به نتیجه نهایی خواهد شد. هر بازی شامل مجموعه‌ای از اهداف ریاضی، بازیکنان، استراتژی‌ها و منافع بازیکنان برای هر بازیکن می‌باشد نوع نتایج مترتب برای بازیکنان مشخص‌کننده تصمیم‌گیری بازیکنان و نوع بازی خواهد بود. نتایج حاصل از نظریه بازی‌ها لزوماً معادل با بهینه پرتو نیست. درواقع بازیکنان با پیش‌فرض این‌که نتیجه حاصل از بازی برآیند تصمیم‌گیری آن‌ها می‌باشد، به دنبال بیشینه کردن منافع خود هستند. یکی دیگر از مزیت‌های استفاده از نظریه بازی‌ها نسبت به سایر روش‌های شبیه‌سازی مقداری سنتی و بهینه یابی، امکان شبیه‌سازی حالات مختلف یک منازعه و همچنین تحلیل حالات ممکن در نبود اطلاعات مقداری می‌باشد. معمولاً درروش‌های غیر همکاری بر اساس اطلاعات مقداری ناشی از منافع بازیکنان استفاده می‌شود.

بازیکنان در یک بازی را با $N=\{1,2,...,n\}$ نشان می‌دهند. هر زیرمجموعه غیر تهی از این مجموعه نشان‌دهنده یک ائتلاف است. خود مجموعه N نیز یک ائتلاف است که به آن ائتلاف جمعی گویند. به عنوان مثال اگر $N=\{1,2,3\}$ ائتلاف‌های ممکن حاصل از این بازی عبارت‌اند از $\{3\},\{2\},\{1\}$ و $\{2,3\},\{1,3\},\{1,2\}$ و $\{1,2,3\}$. هریک از این ائتلاف‌ها را با S نشان و تعداد اعضای آن را نیز با $|S|$ نشان می‌دهند. پس بنابراین در یک بازی n نفره، تعداد ائتلاف‌ها ممکن عبارت است از $|S|=2^n-1$. طبیعی است که در صورت تشکیل ائتلاف S این امکان وجود دارد که بازیکنانی در داخل ائتلاف قرار نگیرند که آن‌ها را با S^c نمایش می‌دهند. هرچند بازی در بین بازیکنان S به‌صورت

همکاری تشکیل می‌شود، اما بازی در بین ائتلاف و مجموعه مکمل ائتلاف به‌صورت رقابتی و یا به‌عبارت‌دیگر به‌صورت بازی غیر همکارانه تشکیل می‌گردد. بدیهی است ائتلاف مجموعه ائتلاف با مجموعه مکمل آن منجر به تشکیل ائتلاف N خواهد شد.

وقتی ائتلاف تشکیل می‌شود بازیکنان داخل ائتلاف به نحوی عمل می‌کنند که منافع حاصل از همکاری آن‌ها و یا به عبارتی منافع گروه حداکثر گردد. پیامد حاصل از ائتلاف را با v نمایش می‌دهند که به آن تابع مشخصه گویند. تابع مشخصه نمایش دهنده حداکثر منفعت ایجاد شده حاصل از تشکیل هریک از ائتلاف‌های ممکن است.

اگر S و T دو ائتلافی باشند که هیچ عضو مشترکی نداشته باشند. در آن صورت لازم است تا شرط زیر یعنی رابطه یک برقرار شود.

$$v(s) + v(T) \leq v(S + T) \qquad (۱)$$

این شرط بیان می‌کند که برای تشکیل ائتلاف بین دو گروه و یا دو بازیکن لازم است تا مجموع رفاه آن‌ها در حالت انفرادی کمتر از رفاه آن‌ها در حالت همکاری آن‌ها باشد. این شرط تضمین می‌کند که بازیکنان انگیزه کافی برای شرکت در ائتلاف نسبت به عدم حضور در ائتلاف را داشته و ائتلاف جدید شکل خواهد گرفت.

اما لازم است تا تخصیص جدید صورت گرفته بین اعضای ائتلاف جدید عادلانه باشد تا ائتلاف دیگری مطلوب بازیکنان نباشد که درنهایت منجر به از هم پاشیدن ائتلاف شود. به تخصیصی که رضایت اعضای ائتلاف را تأمین نماید، تخصیص عقلایی گفته می‌شود. در هر تخصیص عقلایی لازم است تا مجموع تخصیص صورت گرفته بین اعضا برابر با منفعت ایجادشده در ائتلاف جمعی باشد و همچنین منفعت ایجادشده برای هر بازیکن نباید کمتر از عملکرد انفرادی او باشد.

درصورتی‌که تخصیص عقلایی مانند $X = (X_1,...,X_n)$ به جهت تخصیص منافع جمعی ائتلاف یعنی $V(N)$ وجود داشته باشد، تنها در صورتی ائتلافی مانند S با پیامد $V(S)$ شکل نخواهد گرفت که $\sum_{i \in S} X_i \prec V(S)$ برقرار نباشد. به این مفهوم به اصطلاح تخصیص در هسته گفته می‌شود.

پس درصورتی‌که سه بازیکن (a,b,c)وجود داشته باشند و تخصیص $X=(X_a,X_b,X_c)$ وجود داشته باشد، این تخصیص تنها در صورتی پایدار خواهد بود و یا به عبارتی‌دیگر در هسته قرار دارد که شروط زیر برقرار باشد.

$$X_a > V(\{a\}) \quad (۲)$$
$$X_b > V(\{b\})$$
$$X_c > V(\{c\})$$
$$X_a + X_b > V\left(\{a,b\}\right)$$
$$X_a + X_c > V\left(\{a,c\}\right)$$
$$X_b + X_c > V\left(\{b,c\}\right)$$
$$X_a + X_b + X_c > V\left(\{a,b,c\}\right)$$

هرچند که در روش هسته می‌توان تخصیص‌های پایدار برای یک مبادله را تشخیص داد اما سؤالی که مطرح می‌شود این است که از بین تخصیص‌های داخل هسته کدام یک بر بقیه ترجیح داده می‌شود؟ یکی از روش‌های مطرح در این زمینه، استفاده از روش شاپلی است. در روش شاپلی مقدار تخصیص داده شده به هر بازیکن معادل است با متوسط مقدار آورده بازیکن از شرکت در ائتلاف‌های مختلف. تخصیص صورت گرفته بر اساس روش شاپلی لزوماً در هسته نیست (عبدلی[1]، ۱۳۹۵).

۲-۳ - مساله تخصیص منابع آب زاینده‌رود به عنوان بازی

می‌توان مساله تخصیص منابع آب رودخانه زاینده‌رود را به صورت یک بازی طراحی نمود. در این بازی بازیکنان بخش شرب و بخش کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری، بخش شرب، بخش کشاورزی و بخش صنعت استان اصفهان و بخش شرب استان یزد می‌باشند. این بازیکنان پیرامون تصاحب حجم بیشتر آب باهم رقابت می‌کنند. پیامد ناشی از استفاده از آب در هر بخش هر استان اضافه رفاه ناشی از مصرف آب در آن بخش است. این بازی از نوع جمع ناصفر است. یعنی می‌توان با انتخاب استراتژی مناسب، سود تمامی بازیکنان را به صورت همزمان افزایش داد. راهبردهای انتخاب شده در این بازی منطقی است. پس این بازی از نوع بازی‌های غیرتصادفی نیز محسوب می‌شود.

[1] Abdoli (2016)

بازیکنان این بازی بخش‌های مختلف سه استان می‌باشند. البته با توجه به اینکه از آب رودخانه زاینده‌رود به صورت رسمی برای مصارف کشاورزی و صنعت استان یزد و صنعت استان چهارمحال و بختیاری استفاده نمی‌شود، این بخش‌ها به‌عنوان بازیکن مطرح نخواهند بود. این نزاع یک بازی نرمال اصلی است که شامل دو بازی فرعی نیز می‌باشد. در مرحله اصلی بازی، بازیکنان اصلی (p_c, p_e, p_y) می‌باشد که به ترتیب به استان‌های چهارمحال و بختیاری، اصفهان و یزد تعلق دارد. در هر مرحله فرعی بخش‌های فرعی شرب، صنعت و کشاورزی مربوط به هر بازیکن اصلی، بازیکنان بازی‌های فرعی را تشکیل می‌دهند که به ترتیب با اضافه شدن زیرنویس d برای شرب، a برای کشاورزی و i برای صنعت نمایش داده می‌شود.

برای هر بازیکن اصلی، یعنی استان‌ها به صورت مجزا حق آبه ای در نظر گرفته می‌شود که در بین بخش‌های مختلف خود به عنوان بازی‌کن فرعی تقسیم می‌کنند. منافع بازیکنان در تعارض با یکدیگر می‌باشد به این معنا که با افزایش منفعت یک بازیکن، به دلیل محدود بودن منابع آب، منفعت بازیکن دیگر کاهش می‌یابد. این بازی تنها برای یک دوره ارزیابی می‌شود و به همین دلیل در دسته بازی‌های تکراری قرار نمی‌گیرد. در این مدل فرض می‌شود که بازیکنان نسبت به یکدیگر از لحاظ اشراف اطلاعاتی، یکسان هستند. همچنین فرض می‌شود که بازیکنان دربازی‌های فرعی با یکدیگر همکاری می‌کنند و درصورتی‌که سناریو با پیش‌فرض عدم همکاری دنبال شود، این عدم همکاری تنها در بین بازیکنان اصلی و یا همان استان‌ها صورت می‌گیرد و بخش‌های مختلف یک استان با هم همکاری می‌نمایند.

۲-۴- مدل ریاضی پژوهش

با توجه به اینکه مناقشه تخصیص منابع آبی زاینده‌رود به‌صورت یک بازی معرفی شده-است، لازم است تا تخصیص بهینه مورد نظر از بین شرایط مختلف همکاری و یا عدم همکاری مشخص شود. پس برای تخصیص در شرایط همکاری و یا عدم همکاری (در بین بخش‌های مختلف یک استان) نیاز به بهینه یابی وجود دارد.

به منظور به دست آوردن تخصیص بهینه لازم است تا مجموعه مساحت‌های زیر توابع تقاضا و یا همان رفاه کل بخش‌ها بیشینه شود. توابع تقاضای هریک از بخشها در

استان‌ها با استفاده از کشش قیمت تقاضا و واسنجی توابع تقاضا بر اساس اطلاعات سال ۱۳۹۲، هریک به صورت مجزا به دست آمدند (کمال[1]، ۱۳۹۴). آب تخصیص داده‌شده به شرب چهارمحال بختیاری با w_{cd}، کشاورزی چهارمحال بختیاری با w_{ca}، شرب اصفهان با w_{ed}، صنعت اصفهان با w_{ei}، کشاورزی اصفهان با w_{ea} و درنهایت شرب یزد با w_{yd} نمایش داده شده است. لازم به ذکر است که هزینه‌های تخصیص عمدتا هزینه‌های اداری بوده که در حال حاضر نیز پرداخت می‌شود و انتظار می‌رود با تغییر در شیوه تخصیص، تغییر محسوسی در آن ایجاد نشود. از اینرو در محاسبات نادیده گرفته شده است. درصورتی‌که فرض شود در بین تمامی بخش‌ها همکاری وجود داشته باشد، با توجه به بیشینه‌سازی رفاه کل از طریق محاسبه سطح زیر منحنی تقاضا و با انتگرال توابع تقاضا و با پیش‌فرض خطی بودن توابع تقاضا می‌توان تابع رفاه کل را به‌صورت زیر در نظر گرفت که در آن a_{mn} و a'_{mn} به ترتیب عرض از مبدأ و شیب تابع تقاضای مربوط به هر بخش می‌باشد.

$$\max TB = \int_{\overline{w_{cd}}}^{\overline{\overline{w_{cd}}}} (a_{cd} + a'_{cd} w_{cd}) dw_{cd} + \int_{0}^{\overline{\overline{w_{ca}}}} (a_{ca} + a'_{ca} w_{ca}) dw_{ca} + \int_{\overline{w_{ed}}}^{\overline{\overline{w_{ed}}}} (a_{ed} + a'_{ed} w_{ed}) dw_{ed} + \int_{0}^{\overline{w_{ei}}} (a_{ei} + a'_{ei} w_{ei}) dw_{ei} + \int_{0}^{\overline{w_{ea}}} (a_{ea} + a'_{ea} w_{ea}) dw_{ea} + \int_{\overline{w_{yd}}}^{\overline{\overline{w_{yd}}}} (a_{yd} + a'_{yd} w_{yd}) dw_{yd} \quad (۳)$$

در بیشینه‌سازی این تابع محدودیت‌هایی وجود دارد. آب تخصیص داده شده برای بخش شرب نباید از حداکثر مصرف آب شرب بخش موردنظر در سال‌های اخیر فراتر باشد. بر همین اساس از مقادیر بیشینه مصرف شرب در این سه استان استفاده شده است. لازم است تا مقدار حداقلی نیز برای مصرف شرب و نیازهای روزانه افراد جهت ادامه حیات در نظر گرفته شود. این مقدار حداقلی بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی[2](۲۰۱۵) لحاظ شده است. در مورد صنعت نیز این محدودیت وجود دارد که آب تخصیص داده شده نباید فراتر از ظرفیت مصرف آب اعلام‌شده توسط صنایع قرار بگیرد که این مقدار بر اساس داده‌های موجود در طرح آمایش سرزمین

[1] Kamal (2015)
[2] World Health Organization

(استانداری اصفهان[1]، ۱۳۹۴) انتخاب شده‌است. در بخش کشاورزی نیز مصرف آب نباید فراتر از حداکثر مصرف آب در بخش کشاورزی مورد نظر در سال‌های اخیر قرار بگیرد. ضمن اینکه مجموع آب تخصیص داده شده نباید بیشتر از کل آب تخصیص داده شده به صورت حقابه باشد. می‌توان این محدودیت‌ها را به صورت رابطه شماره ۴ نمایش داد. لازم به ذکر است که برای اطلاعات مربوط به حجم آب تخصیص داده شده از سالنامه آماری کشور (مرکز آمار ایران[2]، ۱۳۹۲) استفاده شده است.

$$S.T: w_{cd} + w_{ed} + w_{ca} + w_{ei} + w_{ea} + w_{yd} \leq TW \qquad (۴)$$

$$\overline{w_{cd}} \leq w_{cd}$$
$$w_{cd} \leq \overline{\overline{w_{cd}}}$$
$$w_{ca} \leq \overline{w_{ca}}$$
$$\overline{w_{ed}} \leq w_{ed}$$
$$w_{ed} \leq \overline{\overline{w_{ed}}}$$
$$w_{ei} \leq \overline{w_{ei}}$$
$$w_{ea} \leq \overline{w_{ea}}$$
$$\overline{w_{yd}} \leq w_{yd}$$
$$w_{yd} \leq \overline{\overline{w_{yd}}}$$

درصورتی‌که بازیکنی در ائتلاف دوگانه‌ای قرار بگیرد، بهینه یابی آن به‌صورت مشترک با بازیکن دوم داخل ائتلاف صورت خواهد گرفت. در واقع دو بازیکن اصلی تصمیم خواهند گرفت که منابع آبی اختصاص یافته به خود را بین پربازده‌ترین بخش‌های خود تقسیم نمایند تا در نهایت منفعت کل خود را بیشینه کنند.

در شرایط عدم همکاری، ذخایر آبی بر اساس حق آبه‌های در نظر گرفته شده برای هر بازیکن اصلی (استان‌ها) اختصاص خواهد یافت و بازیکن‌های اصلی با پیش‌فرض بازی همکارانه بین بخش‌های مختلف داخلی خود، حقابه اختصاص داده شده به استان، را تقسیم خواهند کرد. درصورتی‌که بازیکنی در ائتلاف قرار نگیرد بهینه یابی او تنها برای بازیکن‌های فرعی خودش به صورت همکاری در داخل استان صورت خواهد گرفت.

لازم به ذکر است که بهینه‌یابی‌های صورت گرفته در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار لینگو[3] انجام شده است. همچنین مدل ارائه شده در روابط ۳ و ۴ مدل کلی بوده و برای

[1] Provincial Government of Isfahan (2015)
[2] Statistical Center of Iran (2013)
[3] Lingo

سناریوهای مختلف فقط استان‌ها و بخش‌ها مورد نظر در مدل مذکور باقی‌مانده و بقیه حذف می‌شوند.

۳- یافته‌ها پژوهش

در صورتی‌که استان‌ها بدون همکاری با یکدیگر اقدام به تخصیص منابع بین خود نمایند، هریک حق آبه تخصیص‌یافته به استان خود را به‌صورت بهینه بین بخش‌های مختلف استان تقسیم خواهد کرد. در واقع بازی بین بازیکن‌های درون استان به صورت همکاری ولی در میان استان‌های مختلف به صورت عدم همکاری دنبال خواهد شد. با توجه به اینکه در مدل سه استان چهارمحال و بختیاری، اصفهان و یزد در نظر گرفته شده است. بهینه یابی هر استان به صورت زیر خواهد بود.

۳-۱- سناریوی اول: تخصیص در شرایط انفرادی

منظور ازَ شرایط انفرادی، شرایطی است که در آن هرچند استان‌ها با هم همکاری نمی‌کنند اما در درون هر استان همکاری بین بخش‌های مختلف صورت می‌گیرد. بر همین اساس در هر استان بهینه‌یابی بر اساس بیشینه سازی اضافه رفاه در درون آن استان انجام می‌شود.

استان چهارمحال و بختیاری دارای دو بخش شرب و کشاورزی است. درصورتی‌که بازی به صورت همکاری بین بخش‌های این استان دنبال شود، حقابه تخصیص داده شده به این استان بر اساس مدل معرفی شده، در دو بخش توزیع خواهد شد.

جدول (۱): مقادیر اختصاص داده‌شده به بخش‌های مختلف چهارمحال و بختیاری در حالت غیر همکارانه

	شرب چهارمحال و بختیاری	کشاورزی چهارمحال و بختیاری
مقدار آب تخصیص داده شده (میلیون متر مکعب)	۳۵	۲۰۵
اضافه رفاه ایجادشده (میلیون ریال)	۳۱۴۳۹۴	۱۰۱۹۶۱
کل اضافه رفاه	۴۱۶۳۵۵	

منبع: یافته‌های پژوهش

استان اصفهان دارای سه بخش کشاورزی، صنعت و شرب می‌باشد که بازی بین بازیکنان این استان به صورت همکاری دنبال خواهد شد. در واقع حقابه تخصیص داده شده به این استان بر اساس بیشینه‌سازی منفعت کل استان، بین بخش‌های مختلف آن توزیع خواهد شد تا منفعت اجتماعی بیشینه شود.

با توجه به اینکه استان یزد تنها دارای یک بخش می‌باشد، حقابه اختصاص داده‌شده به این استان تنها به این بخش اختصاص داده خواهد شد و بهینه یابی در این استان صورت نخواهد گرفت.

جدول (۲): مقادیر اختصاص داده‌شده به بخش‌های مختلف اصفهان در حالت غیر همکارانه

	شرب اصفهان	صنعت اصفهان	کشاورزی اصفهان
مقدار آب تخصیص داده شده (میلیون متر مکعب)	۳۱۹	۱۱۲	۴۲۷
اضافه رفاه ایجاد شده (میلیون ریال)	۲۸۲۶۰۶۸	۵۵۰۷۲۱	۶۴۶۷۱۲
کل اضافه رفاه	۴۰۲۳۵۰۰		

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول (۳): مقادیر اختصاص داده شده به بخش‌های مختلف یزد در حالت غیر همکارانه

	شرب یزد
مقدار آب تخصیص داده شده (میلیون مترمکعب)	۶۵
اضافه رفاه ایجاد شده (میلیون ریال)	۴۹۵۵۴۸

منبع: یافته‌های پژوهش

۳-۲- سناریوی دوم: همکاری بین چهارمحال و بختیاری و اصفهان

در این سناریو بازیکن‌های این دو استان با هم همکاری نموده و اقدام به باز توزیع مجموع حقابه‌های خود، در بین بخش‌های خود می‌نماید. در واقع بازیکنان این دو استان کل آب اختصاص داده شده به استان‌های چهارمحال و بختیاری و اصفهان را به گونه‌ای تخصیص می‌دهند که مجموع رفاه آن‌ها حداکثر شود. بدیهی است که استان یزد در این شرایط به صورت انفرادی عمل می‌نماید و با توجه به اینکه تنها دارای یک بخش می‌باشد، بهینه‌یابی در استان یزد صورت نخواهد گرفت.

جدول (۴): مقادیر اختصاص داده‌شده به بخش‌های مختلف چهارمحال و بختیاری و اصفهان در حالت دوگانه

	شرب چهارمحال و بختیاری	کشاورزی چهارمحال و بختیاری	
مقدار آب تخصیص داده شده (میلیون مترمکعب)	۳۵	۰	-
اضافه رفاه ایجاد شده (میلیون ریال)	۳۱۴۳۹۴	۰	-
	شرب اصفهان	صنعت اصفهان	کشاورزی اصفهان
مقدار آب تخصیص داده شده (میلیون مترمکعب)	۳۲۳	۱۱۵	۶۲۴
اضافه رفاه ایجاد شده (میلیون ریال)	۲۸۳۱۵۲۱	۵۵۴۷۰۳	۸۷۵۳۵۷
مجموع اضافه رفاه چهارمحال و بختیاری و اصفهان		۴۵۷۵۹۷۵	

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول (۵): مقادیر اختصاص داده شده به استان یزد

	شرب یزد
مقدار آب تخصیص داده شده (میلیون مترمکعب)	۶۵
اضافه رفاه ایجاد شده (میلیون ریال)	۴۹۵۵۴۸

منبع: یافته‌های پژوهش

۳-۳- سناریوی سوم: همکاری بین استان‌های چهارمحال و بختیاری و یزد

در این سناریو بازیکن‌های این دو استان با هم همکاری نموده و اقدام به باز توزیع مجموع حقابه اختصاص یافته شده به این دو استان می‌نماید. درواقع بازیکنان این دو استان کل آب اختصاص داده شده به استان‌های چهارمحال و بختیاری و یزد را به‌گونه‌ای تخصیص می‌دهند که مجموع رفاه آن‌ها حداکثر شود. بدیهی است که استان اصفهان نیز به صورت غیر همکارانه با دو استان دیگر رفتار خواهد کرد اما بازیکنان این استان به‌صورت همکارانه منافع خود را بیشینه خواهند کرد.

جدول (۶): مقادیر اختصاص داده‌شده به بخش‌های مختلف چهارمحال و بختیاری و یزد در حالت دوگانه

	شرب چهارمحال و بختیاری	کشاورزی چهارمحال و بختیاری
مقدار آب تخصیص داده شده (میلیون متر مکعب)	۳۵	۲۱۰
اضافه رفاه ایجاد شده (میلیون ریال)	۳۱۴۳۹۴	۱۰۳۰۰۵
	شرب یزد	
مقدار آب تخصیص داده شده (میلیون مترمکعب)	۶۰	-
اضافه رفاه ایجاد شده (میلیون ریال)	۴۹۷۳۳۵	-
مجموع اضافه رفاه چهارمحال بختیاری و یزد	۹۱۴۷۳۳	

منبع: یافته‌های پژوهش

اما در اصفهان نیز بهینه یابی به ترتیب زیر صورت می‌گیرد.

جدول (۷): مقادیر اختصاص داده‌شده به بخش‌های مختلف اصفهان در حالت دوگانه

	شرب اصفهان	صنعت اصفهان	کشاورزی اصفهان
مقدار آب تخصیص داده‌شده (میلیون مترمکعب)	۳۱۹	۱۱۲	۴۲۷
اضافه رفاه ایجادشده (میلیون ریال)	۲۸۲۶۰۶۸	۵۵۰۷۲۱	۶۴۶۷۱۲
کل اضافه رفاه	۴۰۲۳۵۰۰		

منبع: یافته‌های پژوهش

۳-۴- سناریوی چهارم: همکاری بین استان‌های اصفهان و یزد

در این سناریو نیز بازیکن‌های این دو استان با هم همکاری نموده و اقدام به باز توزیع مجموع حقابه اختصاص‌یافته شده به این دو استان می‌نماید. درواقع بازیکنان این دو استان کل آب اختصاص داده شده به استان‌های اصفهان و یزد را به‌گونه‌ای تخصیص می‌دهند که مجموع رفاه آن‌ها حداکثر شود. بدیهی است که استان چهارمحال و

بختیاری نیز به صورت غیر همکارانه با دو استان دیگر رفتار خواهد کرد اما بازیکنان این استان به‌صورت همکارانه منافع خود را بیشینه خواهند کرد.

جدول (۸): مقادیر اختصاص داده‌شده به بخش‌های مختلف چهارمحال و بختیاری

	شرب چهارمحال و بختیاری	کشاورزی چهارمحال و بختیاری
مقدار آب تخصیص داده شده (میلیون مترمکعب)	۳۵	۲۰۵
اضافه رفاه ایجاد شده (میلیون ریال)	۳۱۴۳۹۴	۱۰۱۹۶۱
کل اضافه رفاه	۴۱۶۳۵۵	

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول (۹): مقادیر اختصاص داده‌شده به بخش‌های مختلف اصفهان و یزد در حالت دوگانه

	شرب اصفهان	صنعت اصفهان	کشاورزی اصفهان
مقدار آب تخصیص داده شده (میلیون مترمکعب)	۳۱۹	۱۱۲	۴۳۵
اضافه رفاه ایجاد شده (میلیون ریال)	۲۸۲۶۳۷۸	۵۵۰۸۶۷	۶۵۷۲۴۸
	شرب یزد		
مقدار آب تخصیص داده شده (میلیون مترمکعب)	۵۶	-	
اضافه رفاه ایجاد شده (میلیون ریال)	۴۹۴۷۳۶	-	
مجموع اضافه رفاه اصفهان و یزد	۴۵۲۹۲۳۰		

منبع: یافته‌های پژوهش

۳-۵- سناریوی پنجم: همکاری جمعی بین تمامی بازیکن‌ها

در این شرایط نه‌تنها بازیکن‌های داخل یک استان با هم همکاری می‌نمایند بلکه استان‌های مختلف نیز با هم همکاری نموده و بر همین اساس کل بازیکن‌های

استان‌های مختلف به صورت همکارانه باهم همکاری نموده تا منفعت اجتماعی بیشینه شود.

جدول (۱۰): مقادیر اختصاص داده‌شده به بخش‌های مختلف استان‌ها در حالت سه‌گانه

	شرب چهارمحال و بختیاری	کشاورزی چهارمحال و بختیاری	
مقدار آب تخصیص داده شده (میلیون مترمکعب)	۳۵	۰	
اضافه رفاه ایجاد شده (میلیون ریال)	۳۱۴۳۹۴	۰	
	شرب اصفهان	صنعت اصفهان	کشاورزی اصفهان
مقدار آب تخصیص داده شده (میلیون مترمکعب)	۳۲۴	۱۱۵	۶۳۲
اضافه رفاه ایجاد شده (میلیون ریال)	۲۸۳۱۷۲۲	۵۵۴۸۵۰	۸۸۳۷۸۲
	شرب یزد		
مقدار آب تخصیص داده شده (میلیون مترمکعب)	۵۷	-	-
مجموع اضافه رفاه چهارمحال و بختیاری، اصفهان و یزد		۵۰۸۰۱۶۲	

منبع: یافته‌های پژوهش

۳-۶- تخصیص اضافه رفاه همکاری از طریق ارزش شاپلی

برای شکل‌گیری ائتلاف لازم است تا منافع بخش‌ها با هم درگیر شود تا از این طریق انگیزه برای ورود به ائتلاف و یا همکاری وجود داشته باشد. درصورتی‌که فرض شود بخش‌های مختلف بر اساس ارزش شاپلی منفعت کسب خواهند کرد می‌توان بررسی نمود که انگیزه کافی جهت شکل‌گیری ائتلاف وجود دارد یا خیر. به همین دلیل در این بخش بر اساس ارزش شاپلی مقدار تابع مشخصه مربوط به رفتارهای مختلف بخش‌ها بررسی خواهد شد تا پیش‌بینی شود که با پیش‌فرض تخصیص بر اساس ارزش شاپلی رفتار هر یک به چه صورت خواهد بود.

همان‌طور که در بخش قبل بررسی شد ارزش ائتلاف‌ها در حالات مختلف متفاوت می‌باشد که برای به دست آوردن ارزش شاپلی استفاده از آن‌ها ضروری می‌باشد. به همین دلیل به‌صورت خلاصه ارزش ائتلاف‌های مختلف در ادامه بررسی خواهد شد.

جدول (۱۱): نتایج ائتلاف‌های مختلف (میلیون ریال)

	چهارمحال و بختیاری	اصفهان	یزد
اضافه رفاه در حالت غیر همکارانه	۴۱۶۳۵۵	۴۰۲۳۵۰۰	۴۹۴۵۴۸
	چهارمحال و بختیاری و اصفهان	چهارمحال و بختیاری و یزد	اصفهان و یزد
اضافه رفاه ائتلاف دوگانه	۴۵۷۵۹۷۵	۹۱۴۷۳۳	۴۵۲۹۶۶۰
اضافه رفاه در ائتلاف سه‌گانه		چهارمحال و بختیاری اصفهان و یزد	
		۵۰۸۰۱۶۰	

منبع: یافته‌های پژوهش

۳-۷- سهم نهایی هر بازیکن در ائتلاف سه‌گانه

درصورتی‌که سهم هریک از بازیکن‌ها از شکل‌گیری منفعت کل در ترتیب‌های مختلف ورود به ائتلاف محاسبه شود می‌توان به منفعت نهایی بازیکن‌ها رسید. درصورتی‌که میانگین این ارزش‌های نهایی محاسبه شود، ارزش شاپلی اختصاص یافته به هر بازیکن منتج خواهد شد.

می‌توان ترتیب‌های مختلف وارد شدن استان‌ها به ائتلاف را مانند جدول ۱۳ بررسی کرده و سپس سهم هریک از شکل‌گیری عایدی کل را محاسبه نمود. به منظور سهولت در مقایسه مقادیر، اعداد گرد شده‌اند.

جدول (۱۲): محاسبه ارزش شاپلی (میلیون ریال)

ترتیب ورود استان‌ها	یزد	اصفهان	چهارمحال و بختیاری
چهارمحال و بختیاری- اصفهان- یزد	۵۰۴۱۸۷	۴۱۵۹۶۰۰	۴۱۶۴۰۰
چهارمحال و بختیاری- یزد- اصفهان	۴۹۸۳۷۸	۴۱۶۵۴۰۰	۴۱۶۴۰۰
اصفهان- چهارمحال و بختیاری - یزد	۵۰۴۱۸۷	۴۰۲۳۵۰	۵۵۲۵۰۰
اصفهان- یزد- چهارمحال و بختیاری	۵۰۶۱۵۷	۴۰۲۳۵۰۰	۵۵۰۵۰۰

یزد- اصفهان- چهارمحال و بختیاری	۴۹۴۵۴۸	۴۱۶۵۴۰۰	۴۲۰۲۰۰
یزد- اصفهان- چهارمحال و بختیاری	۴۹۴۵۴۸	۴۰۳۵۱۰۰	۵۵۰۵۰۰
کل عایدی بازیکن در ترتیب‌های مختلف	۳۰۰۲۱۰	۲۴۵۷۳۰۰۰	۲۹۰۶۰۰۰
درصد سهم مشارکت از تولید عایدی کل	۹/۸۵	۸۰/۶۲	۹/۵۴
سهم از اضافه رفاه	۵۰۰۳۳۴	۴۰۹۵۴۰۰	۴۸۴۴۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

۳-۸- بررسی شکل‌گیری و یا وجود هسته در تخصیص شاپلی

برای برقراری هسته و یا به عبارتی‌دیگر امکان شکل‌گیری ائتلاف و بازی همکارانه لازم است تا رابطه ۳ برقرار باشد. در واقع برای استان‌های مختلف این انگیزه باید وجود داشته باشد که به‌جای فعالیت انفرادی، ترجیح دهند که به‌صورت ائتلاف سه‌گانه اقدام به تخصیص منابع نمایند. به این مفهوم که عایدی هر بازیکن از ارزش شاپلی بیشتر از عایدی هر یک در حالت انفرادی باشد. همچنین لازم است تا مجموع عایدی هریک از بخش‌ها در حالت تخصیص بر اساس شاپلی بیشتر از عایدی آن‌ها در حالت تخصیص دوگانه باشد تا انگیزه شکست ائتلاف سه‌گانه و حرکت به سمت ائتلاف دوگانه وجود نداشته باشد. حال با توجه به رابطه ۳ و همچنین تخصیص صورت گرفته طبق ارزش شاپلی در جدول ۱۳ مشخص می‌شود که تخصیص در هسته قرار دارد.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش گویای این است که در شرایط وجود همکاری در بین بخش‌های مختلف استان‌های مورد نظر، اضافه رفاه مصرف‌کنندگان نسبت به شرایط عدم همکاری بیشتر است؛ زیرا در شرایط همکاری می‌توان منابع آب را به بخش‌هایی با اضافه رفاه بیشتر اختصاص داد تا از این طریق وضعیت موجود منابع آبی را به وضعیت بازار کامل نزدیک نمود. در صورت همکاری بین بخش‌های مختلف سه استان، اضافه رفاه کل نسبت به شرایط عدم همکاری به میزان ۲.۹۵٪ افزایش پیدا خواهد کرد. در صورت ایجاد شدن ائتلاف همکاری کامل بین سه استان، استان اصفهان به میزان ۶.۱۰٪ و استان یزد به میزان ۰.۰۹٪ افزایش در اضافه رفاه نسبت به شرایط عدم همکاری خواهند داشت. این در صورتی است که اضافه رفاه استان چهارمحال و بختیاری به میزان ۲۴.۴۹٪ کاهش پیدا خواهد کرد. اما افزایش در اضافه رفاه استان‌های اصفهان و یزد به میزانی است که می‌توانند کاهش در اضافه رفاه استان چهارمحال و بختیاری را جبران نمایند. در این شرایط با توجه به بیشینه شدن مجموع اضافه رفاه بخش‌ها، منفعت کل بیشینه خواهد شد.

در بین بخش‌های مختلف تقاضای مربوط به بخش‌های شرب سه استان دارای اضافه رفاه بیشتری نسبت به سایر بخش‌ها می‌باشد؛ و این نشان‌دهنده اولویت بخش شرب در بین بخش‌های موجود می‌باشد. علت این موضوع مرتبط با کشش بخش شرب نسبت به کشش سایر بخش‌های مباشد. در واقع با توجه به حیاتی بودن نیاز شرب، یک واحد در بخش شرب اضافه رفاه بیشتری نسبت به یک واحد مصرف آب در بخش‌های کشاورزی و صنعت تولید خواهد کرد. در بین شرب‌های استان‌های مختلف از لحاظ تولید اضافه رفاه، به ترتیب استان‌های اصفهان، چهارمحال و بختیاری و یزد قرارداد. با توجه به یکسان فرض کردن کشش بخش شرب این سه استان، علت این نوع ترتیب در تولید اضافه رفاه، در ارتباط با جمعیت این سه استان می‌باشد. به همین دلیل رفع نیاز شرب استان اصفهان در اولویت اول، نیاز شرب استان چهارمحال و بختیاری در اولویت دوم و بخش شرب استان یزد در اولویت سوم قرار دارد.

پس از بخش شرب بخش، بخش صنعت استان اصفهان دارای اولویت می‌باشد. این بخش بیشتر از کشاورزی این استان و کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری اضافه رفاه تولید خواهد کرد. علت این موضوع بهره‌وری بیشتر صنعت اصفهان نسبت به کشاورزی است. اما با توجه به پایین بودن ظرفیت صنعت استان اصفهان بازدهی نزولی در این بخش سریع‌تر از بخش کشاورزی رخ خواهد داد و به همین دلیل کل ظرفیت صنعت رفع نخواهد شد و واحدهای بیشتر به کشاورزی خواهد رسید.

پس از بخش‌های شرب و صنعت، درنهایت اولویت به کشاورزی خواهد رسید. این بخش نسبت به سایر بخش‌ها اضافه رفاه کمتری را در واحدهای یکسان حجم آب تولید خواهد کرد. علت این موضوع بهره‌وری پایین این بخش نسبت به سایر بخش‌ها است. با توجه به یکسان فرض کردن الگوی کشت کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری و استان اصفهان، برای این دو استان از کشش یکسانی استفاده شده است. اما با توجه به اینکه کشاورزی استان اصفهان دارای ظرفیت بیشتری نسبت به کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری می‌باشد، مقادیر یکسان حجم آب منجر به تولید بیشتری از اضافه رفاه در استان اصفهان خواهد شد. به همین دلیل تخصیص آب به کشاورزی استان اصفهان از اولویت نسبت به کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری برخوردار است.

بازیکنان درون یک استان با یکدیگر به‌صورت همکاری رفتار خواهند کرد و این همکاری توسط مدیریت استان اعمال خواهد شد. اما با توجه به اینکه رفتار استان‌های مختلف در قبال یکدیگر به‌صورت غیر همکاری است، لازم است تا منافع استان‌های مختلف در همکاری تأمین شود تا انگیزه کافی جهت رفتار همکاری تأمین‌شده و درنهایت بیشینه

رفاه اجتماعی، در بین حالت‌های مختلف همکاری و عدم همکاری، ایجاد شود. به همین دلیل فرض شده است که تخصیص اضافه رفاه پس از تشکیل ائتلاف بر اساس میانگین اضافه رفاه نهایی تولید شده توسط استان‌ها و یا همان ارزش شاپلی صورت خواهد گرفت. ارزش شاپلی اختصاص‌یافته به استان چهارمحال و بختیاری ۴۸۴۴۰۰، برای استان اصفهان ۴۰۹۵۴۰۰ و برای استان یزد ۵۰۰۳۳۴ است. درواقع استان‌های اصفهان، چهارمحال و بختیاری و یزد به ترتیب درصد مشارکتی معادل ۸۰/۶۲٪، ۹/۵۴٪ و ۹/۸۵٪ در تولید عایدی کل داشته‌اند. همگی تخصیص‌ها در ائتلاف بیشتر از حالت انفرادی است و درواقع گویای این نکته است که استان‌های مختلف با توجه به ارزش شاپلی، ترجیح خواهند داد که به‌جای فعالیت انفرادی، وارد ائتلاف شده و از منفعت ائتلاف استفاده کنند. همچنین مجموع ارزش شاپلی استان‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری ۴۵۷۹۸۰۰، استان‌های چهارمحال و بختیاری و یزد ۹۸۴۷۳۴ و استان‌های یزد و اصفهان ۴۵۹۵۷۳۴ است که این مقادیر اضافه رفاه بیشتر از اضافه رفاه تولیدشده در هریک از ائتلاف‌های دوگانه مربوط به خود می‌باشد. این موضوع نشان‌دهنده این است که استان‌های مختلف ترجیح می‌دهند به‌جای فعالیت در ائتلاف‌های دوگانه، در ائتلاف سه‌گانه فعالیت کنند و از ارزش شاپلی مرتبط با ائتلاف سه‌گانه استفاده نمایند. به‌عبارت‌دیگر تخصیص صورت گرفته بر اساس شاپلی در ائتلاف سه‌گانه در هسته قرار دارد. شایان ذکر است با توجه به تبدیل واحد صورت گرفته در استخراج توابع تقاضا، اعداد ذکرشده به‌عنوان اضافه رفاه قابلیت مقایسه با مقادیر ارزش‌افزوده تولیدشده در هریک از بخش‌ها را نخواهند داشت.

۵- پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود دولت در مورد منافع استفاده همکارانه از منابع آبی زاینده‌رود اطلاع‌رسانی کند. این کار باعث می‌شود که شرکت‌کنندگان در این بازی نسبت به منافع حاصل از همکاری اطلاع پیدا کنند و نسبت به حالت عدم اطلاع، انگیزه بیشتری به همکاری داشته باشند.

دولت می‌تواندبه عنوان تسهیل‌کننده در تخصیص مجدد منابع آبی نقش داشته باشد تا از این طریق هزینه‌های تخصیص مجدد کاهش پیدا کند.

فهرست منابع

۱. استانداری اصفهان (۱۳۹۴). طرح آمایش سرزمین، گزارش فرابخش آب. استانداری اصفهان.
۲. پورزند، فرناز، و زیبایی، منصور (۱۳۹۰). کاربرد نظریه بازی‌ها در تعیین میزان برداشت بهینه از سفره‌های آب‌های زیرزمینی دشت فیروزآباد. *اقتصاد کشاورزی و توسعه*، ۴(۲۰)، ۱-۲۴.
۳. حاجیان، ناصر، و حاجیان، پوریا (۱۳۹۲) پایگاه داده های زاینده رود. پژوهشگاه شاخص پژوه، اصفهان.
۴. خوش‌اخلاق، رحمان (۱۳۷۸). اقتصاد منابع طبیعی. جهاد دانشگاهی.
۵. شرقی عبدالعلی، و کیانی غلامحسین (۱۳۸۹). سالنامه آماری آب کشور ۸۷-۱۳۸۶، وزارت نیرو.
۶. مرکز آمار ایران (۱۳۹۲). سالنامه اماری کشور، ایران.
۷. صالحی، فرزانه، دانشور، محمود، شاه نوشی, ناصر، و ژاله رجبی، میترا (۱۳۸۹). کاربرد نظریه بازی‌ها در تعیین میزان برداشت بهینه از منابع آب زیرزمینی دشت تایباد. *اقتصاد کشاورزی و توسعه*، ۳(۱۵)، ۶۵–۸۹.
۸. صبوحی، محمود، و مجرد، عصمت (۱۳۸۹). کاربرد نظریه بازی‌ها در مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی حوزه آبریز اترک. *اقتصاد و توسعه کشاورزی*، ۲۴(۱)، ۱–۱۲.
۹. عبدلی، قهرمان (۱۳۹۵). نظریه بازی‌ها و کاربردهای آن. تهران، انتشارات جهاد دانشگاهی.
۱۰. کمال، محمد مهدی (۱۳۹۴). تخصیص بهینه آب زاینده‌رود بین استان‌های چهارمحال بختیاری، اصفهان و یزد به‌وسیله نظریه بازی‌ها. پایان نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه اصفهان.
۱۱. کیانی، غلامحسین (۱۳۹۵). نقش بازار در تخصیص بهینه منابع آب و عوامل موثر بر *کارائی بازار آب*. *آب و توسعه پایدار*، ۳(۱)، ۹۳-۱۰۲.

1. Abdoli, G. (2016). Descriptive solution manual and applicable problems in game theory. *JahadDaneshgahi Press* (In Persian).
2. Ahmadi, A., & Moreno, R. S. (2013). Game theory applications in a water distribution problem. *Journal of Water Resource and Protection*, 5(01), 91.
3. Dinar, A., Rosegrant, M. W., & Meinzen-Dick, R. (1997). Water allocation mechanisms, principles and examples. *The World Bank*.
4. Hajian, N., & Hajian, P. (2013). The database of Zayandehroud. *ShakhesPajouh Institution*. Isfahan (In Persian).
5. Kamal, M. M. (2015). Optimal allocation of Zayandehroud water among Chaharmahal & Bakhtiari, Isfahan and Yazd provinces using game theory. Msc. Thesis, University of Isfahan (In Persian).
6. Khoosh Akhlagh, R. (1998). Natural resources economics. *JahadDaneshgahi Press* (In Persian).

7. Kiani, G. H. (2016). The role of market in optimal water resources allocation and efficacious factors influencing the efficiency of water markets. *Journal of Water and Sustainable Development*, 3 (1), 93-102 (In Persian).
8. Madani, K. (2010). Game theory and water resources. *Journal of Hydrology*, 381(3-4), 225-238.
9. Podimata, M. V., &Yannopoulos, P. C. (2015). Evolution of game theory application in irrigation systems. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4, 271-281.
10. Pourzand, F., &Zibaei M. (2012). Application of game theory for the optimal groundwater extraction in Firozabad plain Agricultural Economics, 5(4), 1-24 (In Persian).
11. Provincial Government of Isfahan, (2015). Land use planning project (In Persian).
12. Salehi, F., Daneshvar, M., Shahnoushi, N. & JalehRajabi M. (2010). Application of game theory in determination of optimal groundwater extraction in Taybad Plain. *Agricultural Economicst*, 3 (15), 65-89 (In Persian).
13. Sedghamiz, A., Nikoo, M. R., Heidarpour, M., & Sadegh, M. (2018). Developing a non-cooperative optimization model for water and crop area allocation based on leader-follower game. *Journal of Hydrology*, 567, 51-59.
14. Sharghi A., & Kiani G. H. (2010). Iran water statistical yearbook. Ministry of Energy (In Persian).
15. Sobuhi M., & Mojarad, E. (2010).Application of game theory for groundwater resources management of Atrak, *Agricultural Economics & Development*, 24(1), 1-12 (In Persian).
16. Statistical Center of Iran (2013). Statistical yearbook, Iran (In Persian).
17. Wang, L., Fang, L., & Hipel, K. W. (2008). Basin-wide cooperative water resources allocation. *European Journal of Operational Research*, 190(3), 798-817.
18. Wei, S., Yang, H., Abbaspour, K., Mousavi, J., & Gnauck, A. (2010). Game theory based models to analyze water conflicts in the Middle Route of the South-to-North Water Transfer Project in China. *Water research*, 44(8), 2499-2516.
19. World Health Organization (2015). Technical Notes On Drinking-Water. Sanitation And Hygiene In Emergencies: Planning for Excreta Disposal in Emergencies.
20. Zeng, Y., Li, J., Cai, Y., Tan, Q., & Dai, C. (2019). A hybrid game theory and mathematical programming model for solving trans-boundary water conflicts. *Journal of Hydrology*, 570, 666-681.