

Predicting the Necessity of Cooperation Between The Harirud Basin Countries Based on Game Theory: The Shapely Value Approach

A. Ghandhary^{1*}, S.M.R. Alavi Moghadam², H. Omranian Khorasani

1- PHD Student of Irrigation and Drainage Engineering, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Ferdowsi, Mashhad, Iran. 2- Associate Professor, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Mashhad, Iran. 3- Former MSc, Water Engineering Department, Tarbiat modares, Iran.

*(Corresponding Author Email: a_ghandhary@yahoo.com)

Received: 16-7-2016

Accepted: 5-9-2016

پیش‌بینی لزوم همکاری میان کشورهای حوضه هریرود بر اساس نظریه بازی، روش ارزش شاپلی

احمدقندهاری^{۱*}، سیدمحمد رضا علوی مقدم^۲، حمید عمرانیان خراسانی^۳

۱- دانشجوی دکتری آبیاری زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد. ۲- عضو هیئت علمی گروه مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد. ۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: a_ghandhary@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۲۶

تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۱۵

Abstract

Today, limitations of water availability alongside the common rights between countries on transboundary rivers cause a competition among them for more water using. This has led to the reduced benefits for some countries compared to others. Usually, stakeholders prefer to overuse from their water rights because of unreliability, risk aversion and short-term approaches with the aim of enhancing their short-term interests. Iran, Afghanistan, and Turkmenistan as common congruities on Harirud, always try to maximize their benefits from the rivers. This research maps the roads of hydro-diplomacy amongst the common countries on the Harirud and shows the best future moving direction for all of them according to Game Theory. Therefore, the hydro-diplomacy of these three countries in the Harirud basin has been investigated and modeled based on the Cooperative Game Theory with the help of the Shapely value. Results show that the best approach is full cooperation between the countries. Moreover, the Cooperative Game Theory along with a comprehensive water resources management model is an efficient means for evaluating the different management scenarios related to the Harirud basin.

Keywords: Transboundary Rivers, Harirud, Shapley Value, Cooperative Game Theory.

چکیده

امروزه محدودیت موجودی قابل برداشت منابع آبی، در کنار حق مشترک بهره‌برداری از آب‌های مرزی، زمینه رقابت بین ذینفعان مختلف را فراهم کرده و سبب شده که بهره‌برداری برخی از کشورها، قابلیت بهره‌مندی دیگران را کاهش دهد؛ چرا که معمولاً ذینفعان به عللی همچون بی‌اعتمادی، ریسک‌گریزی و بینش کوتاه‌نگر، ترجیح می‌دهند با تخلف از حد بهینه بهره‌برداری، منافع کوتاه‌مدت خویش را افزایش دهند. ایران و دو کشور افغانستان و ترکمنستان به‌عنوان ذینفعان منابع آبی مشترک هریرود همواره به دنبال استفاده حداکثری و بیشینه کردن منافع خود از رودخانه‌های مشترک بوده‌اند. این تحقیق دیپلماسی آبی رودخانه مرزی ایران و استراتژی آن در مناسبات آینده با کشورهای همسایه خود را بررسی و بهترین مسیر حرکت را برای هر یک از کشورهای مشترک در هریرود معین می‌نماید؛ لذا هیدروپولیتیک سه کشور ایران، افغانستان و ترکمنستان در حوضه آبریز هریرود بررسی و بر اساس تئوری بازی همکارانه با کمک روش ارزش شاپلی، چگونگی تعامل بین سه کشور مدل‌سازی شده است. نتایج این تحقیق حاکی از این است که همکاری بین سه کشور می‌تواند بیشترین سود را برای آن‌ها فراهم آورد. نظریه بازی همکارانه به همراه یک مدل جامع مدیریت منابع آب، ابزاری کارآمد برای ارزیابی سناریوهای مختلف مدیریتی در حوضه آبریز هریرود می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آب‌های مرزی، هریرود، ارزش شاپلی، تئوری بازی همکارانه.

و افغانستان، با درصدی از نوسانات مربوط به کاهش نزولات جوی، همراه است. دو کشور ایران و ترکمنستان بخش عمده‌ای از نیازهای انرژی برق افغانستان را با نرخ‌های بسیار نازل تأمین می‌کنند و در تعیین نرخ برق توسط این دو کشور ملاحظات مربوط به روابط همسایگی و همچنین میزان آبی که از رودخانه‌های مشترک دریافت می‌شود، مدنظر قرار دارد. در صورت بحرانی شدن روابط آبی و جلوگیری افغانستان از ورود آب رودخانه‌های مرزی قطعاً موضوع وابستگی افغانستان به برق و خطوط ترانزیتی ایران و ترکمنستان برای تأمین سوخت مورد نیاز، روابط افغانستان با کشورهای ایران و ترکمنستان را تحت تأثیر قرار خواهد داد. رویکرد و نگرش کنونی دولت‌های ایران و ترکمنستان نسبت به افغانستان کاملاً دوستانه و حمایت‌گرایانه است و انواع کمک‌هایی که به افغانستان می‌شود از این زاویه و نگاه است که با بحرانی شدن روابط آبی این حمایت‌ها و کمک‌ها به‌طور طبیعی تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. هدایت و مدیریت بحران‌های آینده در این رابطه منوط به نوع نگاه دولت‌مردان حاکم در افغانستان بر حفظ و ادامه رابطه دوستانه با ایران و ترکمنستان است.

از نظریه بازی‌ها به دو شیوه در مدیریت آب‌های مرزی می‌توان استفاده نمود: اولاً اینکه می‌تواند در توضیح و ارزیابی درگیری‌ها، مذاکرات و نتایج قبلی استفاده گردد؛ ثانیاً، دیدگاه نظریه بازی‌ها می‌تواند در طراحی سیاست‌های فعلی مورد استفاده قرار گیرد (Bahaduri و Liebe، ۲۰۱۳). تحقیقات قابل توجهی از کاربرد نظریه بازی‌ها در مدیریت منابع آب مرزی وجود دارد. به عنوان مثال در مطالعه منابع مشترک گنگ و براهامپوترا (Rogers، ۱۹۶۹)، حوضه نیل (Wu و Whittington، ۲۰۰۶)، حوضه‌های رودخانه دجله و فرات (Kucukmehmetoglu و Guldmann، ۲۰۰۴) و حوضه ریوگراند / ریو (McKinney و Teasley، ۲۰۰۸) نظریه بازی همکارانه به کار برده شده است. در این پژوهش تعیین ارزش همکاری بین سه کشور ایران، افغانستان و ترکمنستان با استفاده از نظریه بازی‌ها با فرض وجود همکاری بین بازیکنان مورد بررسی قرار گرفته است. گزینه‌های مختلف در بازی هر کشور و برای هر یک از بازیکنان بر مبنای پتانسیل‌ها و نیازمندی‌های واقعی هر کشور در نظر گرفته شده و فرض بر این است که فضای حاکم بر یک بازی، منطقی می‌باشد.

تعریف شده است. افغانستان و بویژه شهر هرات در بالادست هریرود به سرعت در حال افزایش جمعیت و تقاضای انرژی است. این کشور توانایی مذاکره با ایران و ترکمنستان برای فرستادن آب به پایین دست سد سلما و در عوض دریافت کسری انرژی از کشورهای پایین دست خود را دارد. ترکمنستان (در پایین دست رودخانه هریرود)، در فهرست چهار

رودخانه هریرود یکی از منابع اصلی آب ورودی به بخش‌هایی از مناطق شمال شرق ایران و جنوب ترکمنستان و تأمین کننده نیاز شرب و کشاورزی جمعیت زیادی از مردم بوده و همواره به عنوان یکی از نگرانی‌های این دو کشور به لحاظ پایداری جریان ورودی تلقی گشته است (Palau، ۲۰۱۱). رابطه ایران با ترکمنستان از زمان استقلال این کشور همواره دوستانه و البته با احتیاط زیاد از جانب طرف ترکمنی در حفظ رابطه‌ای کنترل‌شده و محدود بوده، با ساخت سد دوستی نوعی از همکاری مشترک بین دو کشور آغاز شده است. حفظ رابطه دوستانه با ترکمنستان، ایران را در آینده از بابت مقابله با بحران کم‌آبی در خراسان شمالی و خراسان رضوی از طریق خرید و انتقال آب از ترکمنستان از کانال قره قروم یاری خواهد کرد، هرچند که سابقه ترکمن‌ها در قطع جریان گاز و زیر پا گذاشتن مفاد قرارداد به بهانه مشکل فنی در زمستان سال ۱۳۸۶ از این کشور نیز چهره‌ای غیرقابل اتکا در ذهن ایرانیان ایجاد کرد. به نظر می‌رسد با توجه به نیاز ایران و نیز مکتب مالی، ایران تنها کشوری که توان پرداخت پول برای خرید آب از افغانستان را دارد. پیش‌بینی وضعیت آینده رابطه ایران و افغانستان در حوزه آب از میان سطور مقالات روزنامه و سخنرانی مقامات افغانی و مذاکرات دو جانبه قابل تشخیص است. توقع اینکه منابع آبی مشترک ایران با افغانستان افزایش یابد دور از انتظار و بر اساس شواهد و اطلاعات موجود غیرممکن است ولی کاهش و یا حتی قطع کامل جریان آبی به سمت مرزهای مشترک قابل پیش‌بینی است.

از مسائلی که چالش بین کشورهای ذینفع حوضه هریرود را پررنگ‌تر می‌کند، پروژه احداث سدهای مختلف بدون هماهنگی بین تمام کشورها بر روی این رودخانه است. پروژه سد دوستی مشترک بین دو کشور ایران و ترکمنستان در زمان حاکمیت دولت طالبان بر افغانستان مطالعه و اجرا شد و عملاً نقش کشور بالادست (افغانستان) در این مطالعات نادیده گرفته شد. بعد از سقوط طالبان اقدامات دولت افغانستان در تکمیل و بهره‌برداری از سد سلما بدون هیچگونه توجهی به مسائل پایین دست، نگرانی‌ها را برای بهره‌برداری مشترک از سد دوستی افزایش داده است (میان آبادی، ۱۳۹۲). در حال حاضر جریان آب به سمت مرز مشترک دو کشور ایران

معرفی حوضه هریرود

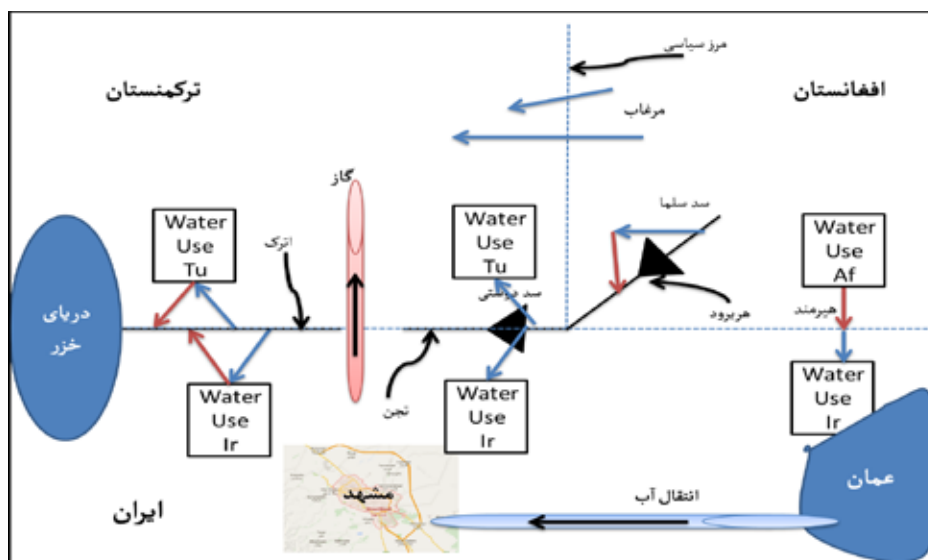
کشور افغانستان در رودخانه هریرود، بالادست ایران و ترکمنستان است. این کشور بر روی این رودخانه، سد سلما را احداث کرده و سدهای دیگری مانند پشدا را در دستور کار خود دارد که اهداف اصلی آن‌ها تولید برقابی و تولیدات کشاورزی و تأمین آب شرب

هریرود برای ترکمنستان و ایران سهم ۵۰ درصد می‌باشد (شکل ۱). ایران همچون ترکمنستان کشور پایین دست رودخانه هریرود است. اهمیت رودخانه هریرود به لحاظ و تامین آب شرب شهر مشهد و بخشی از نیازهای شرب و کشاورزی دشت سرخس از سد دوستی مورد توجه است. ایران خواهان مذاکره با افغانستان و ترکمنستان و بهبود وضعیت پایداری آب سد دوستی می‌باشد.



شکل ۱- نحوه برداشت آب از رودخانه هریرود (مخزن سد دوستی) توسط ایران و ترکمنستان

گرفته شده است (شکل ۲). شبکه رودخانه‌ای هریرود، شامل محل احداث سد سلما و سد دوستی و نیز موقعیت کشورها می‌باشد. سد سلما با ارتفاع ۱۰۷ و طول تاج ۵۰۰ متر، ظرفیت تولید ۴۲ مگاوات نیروی برق و آبیاری ۷۵ هزار هکتار را دارد.



شکل ۲- سهم حوضه هریرود بین سه کشور ایران، افغانستان و ترکمنستان

ماه وجود دارد). جریان بازگشتی برای نشان دادن بخشی از آب برداشت شده در هر کشور و میزان آب برگشتی نمایش داده شده است. مجموع نیاز آبی برای هر کشور به عنوان داده‌های ورودی مدل و مناطق زراعی، متغیرهای تصمیم در مدل هستند.

کشور بزرگ تولید کننده گاز طبیعی و چهار کشور تولید کننده نفت در شوروی سابق قرار دارد. رشد اقتصادی این کشور در سال ۲۰۰۷ براساس آمار صندوق بین‌المللی پول حدود ۱۱/۵ درصد بوده است. شغل بیش‌تر مردم ترکمنستان، کشاورزی و دامپروری است. این کشور با تولید پنبه و فرآوری این محصول، صنایع نساجی فعال پیشرفته‌ای دارد و از بازار فروش بلایی در سطح جهان برخوردار می‌باشد. ترکمنستان با فروش سالانه مقدار زیادی گاز به کشورهای دیگر از جمله ایران، درآمدهای زیادی نصیب خود می‌کند. این کشور از آب مخزن سد دوستی تنها برای مصارف کشاورزی استفاده می‌کند. ترکمنستان علاقمند مذاکره با افغانستان برای رهاسازی حجم مناسبی از آب رودخانه هریرود و مرغاب جهت رفع نیازهای آب آبیاری خود می‌باشد و در مقابل قادر به پرداخت انرژی کافی به افغانستان در فصل زمستان به ازای آب رهاسازی شده می‌باشد. از طرفی تحت شرایط کم‌آبی و نرمال، افغانستان به لحاظ فیزیکی توانایی منحرف کردن آب رودخانه هریرود و استفاده از تمام آب‌ها را برای آبیاری کشاورزی خود خواهد داشت. با این حال حق برداشت از رودخانه

مدل سازی بازی

مدل تخصیص آب به انرژی و تولیدات کشاورزی برای یک سال و به صورت گام‌های ماهانه از اول ماه ژانویه تا آخر ماه دسامبر در نظر

مدل شامل محدودیت‌های بقای جرم و حجم آب ذخیره شده در مخزن سد سلما و سد دوستی در هر ماه خواهد بود. در هر نقطه‌ای اتصال در حوضه رودخانه هریرود، آب به صورت جریان ورودی و خروجی در رودخانه تقسیم می‌شود (محدودیت‌های بیلان برای هر

۱- مجموعه بازیکنان

برای این بازی، سه بازیکن در نظر گرفته شده است:

$$N = \{Af, Ir, Tu\}$$

که در آن Ir، ایران؛ Tu، ترکمنستان؛ Af، افغانستان، مجموعه بازیکنان است. افغانستان سرشاخه رودهای مهمی همچون هریرود، هیرمند، جیجون، پنجاب، سند و مرغاب می‌باشد. با این حال افغانستان به ظاهر با هیچ کشوری هیچ‌گونه قرارداد آبی ندارد و فقط با ایران درباره هیرمند دارای قرارداد هستند. آن‌ها به صورت جدی به دنبال کنترل آب‌های مرزی خود هستند؛ سد سلما بر روی هریرود برای افغان‌ها بسیار با اهمیت است؛ زیرا تقاضای انرژی شهر هرات، بوسیله سد برقابی سلما تامین خواهد شد. کل تقاضای انرژی سالانه شهر هرات ۲۲۵ میلیون کیلووات ساعت است و در حال حاضر سد برقابی سلما با سه توربین ۴۲ میلیون کیلووات ساعت برق تولید خواهد کرد. با این حال کسر انرژی در شهر هرات با جمعیت ۴۵۰۰۰۰ نفر و با سرانه‌ی حداقل ۵۰۰ کیلووات بر ساعت برابر با ۱۸۳ میلیون کیلووات ساعت خواهد بود.

۲- شرح بازی

بازی شامل سه بازیکن ایران، ترکمنستان و افغانستان است. پس هفت ائتلاف ممکن (از عدم همکاری تا همکاری) به صورت شکل زیر ممکن است شکل بگیرد، از مدل حوضه رودخانه جهت محاسبه پیامدهای هر ائتلاف استفاده خواهد شد.

تمام حالات ممکن در بازی:

$$\{Ir\}; \{Tu\}; \{Af\}; \{Ir, Tu\}; \{Af, Tu\}; \{Ir, Af\}; \{Ir, Af, Tu\}$$

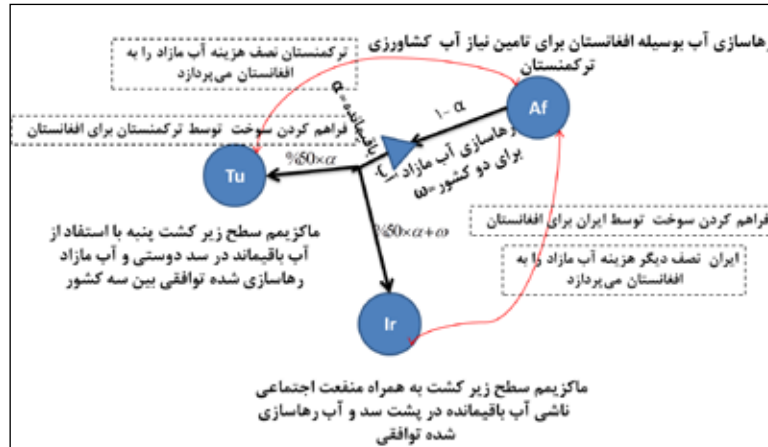
در ائتلاف‌های عدم همکاری افغانستان به صورت تنها و بدون اینکه با ایران و ترکمنستان همکاری نماید بر اولویت اول خود یعنی توسعه کشاورزی تأکید خواهد کرد. در این صورت این کشور مقدار مشخصی آب برای پوشش تقاضای داخلی انرژی باید رها کند و به ازای انرژی، منفعتی برای افغانستان در بر نخواهد داشت؛ علاوه بر این افغانستان باید کسر انرژی خود را از بازار آزاد به قیمت $\$2/5$ خریداری نماید. هزینه بهره‌برداری و نگهداری سد برقابی سلما به صورت متوسط جهانی $\$0/01$ می‌باشد. احتمالاً ایران و ترکمنستان، تنها، آبی را که افغانستان برای تولید انرژی برقابی از سد سلما رها می‌کند، دریافت خواهند کرد. در ائتلاف ترکمنستان با خودش حالتی را نشان می‌دهد که این کشور با افغانستان و ایران همکاری نخواهد کرد و ائتلاف ایران با خودش نیز به همان صورت خواهد بود؛ یعنی دو کشور ایران و ترکمنستان به ازای آب باقیمانده در رودخانه هریرود به میزان ۵۰-۵۰ حق بهره‌برداری از آب پشت سد دوستی را دارند و به غیر از این حالت با هم همکاری نخواهند داشت (مخصوصاً در انتقال گاز و سایر مراودات حوضه‌ای). مجموعه حالات ممکن برای ائتلاف بین بازیکنان و نتیجه آن در جدول (۱) آورده شده است. برای رسیدن به این جدول کلیه منافع و هزینه‌های ممکن برای ائتلاف تعیین و بر حسب ریال محاسبه شده است (جدول ۱ و ۲).

جدول ۱- نتایج ائتلاف بین کشورها بدون مشارکت کامل

ردیف	نوع ائتلاف	فرصت‌ها/منافع	تهدیدها/هزینه‌ها	نتیجه برای ایران - میلیارد ریال
۱	افغانستان	• بالادست بودن این کشور • توسعه کشاورزی و انرژی	• عدم همکاری سایر بازیکنان • کمبود انرژی هرات	عدم حصول منفعت کامل ممکن (برای افغانستان)، ۱۶۰۱۲
۲	ایران	• امکان فروش انرژی به افغانستان	• عدم تأمین آب مشهد • عدم همکاری سایر بازیکنان • معطل ماندن سرمایه‌گذاری‌های موجود	عدم حصول منفعت کامل ممکن، ۷۰۰۳-
۳	ترکمنستان	• امکان فروش انرژی به افغانستان	• عدم همکاری همه بازیکنان	عدم حصول منفعت کامل ممکن (برای ترکمنستان)، ۴۷۴۰
۴	ایران- افغانستان	• رفع نیاز انرژی افغانستان • تأمین آب مشهد	• عدم همکاری همه بازیکنان	عدم حصول منفعت کامل ممکن، ۱۱۳۲۴-
۵	افغانستان- ترکمنستان	• رفع نیاز انرژی افغانستان • توسعه کشاورزی ترکمنستان	• عدم همکاری همه بازیکنان • عدم رقبت کافی ترکمنستان	عدم حصول منفعت کامل ممکن (برای ترکمنستان)، ۶۰۰
۶	ایران- ترکمنستان	• رفع نیاز آبی ایران • توسعه بازار آب بین دو کشور • امکان تبادل انرژی	• عدم همکاری همه بازیکنان • پیچیدگی روابط بویژه در تشکیل بازار آب	عدم حصول منفعت کامل ممکن، ۸۰۹۳-

ائتلاف کامل بین سه کشور ایران، ترکمنستان و ایران {Ir, Af, Tu}: این موقعیت شامل زمانی است که سه کشور باهم در ائتلاف شرکت خواهند نمود که به آن ائتلاف کلی (Grand Coalition) نیز گفته می‌شود. این ائتلاف شامل دریافت آب بهاء (تعرفه) افغانستان از

ایران و ترکمنستان برای رهاسازی آب مازاد به سمت سد دوستی خواهد بود. البته ایران و ترکمنستان می‌توانند کسر انرژی افغانستان را جبران نمایند (شکل ۳). نتایج این نوع از ائتلاف در جدول (۲) ارائه شده است.



شکل ۳- منطق ائتلاف ایران، ترکمنستان و افغانستان

جدول ۲- نتایج ائتلاف بین سه کشور ایران و افغانستان و ترکمنستان

بازیکن	دسته	ارزش پولی (ریال)	مقدار	محاسبه
ایران	هزینه تقاضای آب شرب شهر مشهد از سد دوستی (هر متر مکعب)	۲۴۵۰۰	۴۴۴ MCM	۵۱۹۴ میلیارد ریال
	هزینه آب کشاورزی (میلیون متر مکعب بر سال)	۲۴۵۰۰ (۰/۷ دلار)	۱۱۴ MCM	۲۷۹۳ میلیارد ریال
	درآمد فروش آب کشاورزی (میلیون متر مکعب بر سال)	۲۰۰	۱۱۴ MCM	۲۲/۸ میلیارد ریال
	درآمد فروش آب شرب (میلیون متر مکعب بر سال)	۴۹۰۰	۴۴۴ MCM	۹۶۰/۴ میلیارد ریال
	هزینه خرید آب مازاد از افغانستان	۳۰۰۰	۲۰۰	۶۰۰ میلیارد ریال
	درآمد فروش سوخت به افغانستان	۸۷۵۰۰ (۲/۵ دلار)	۱۰۰ مگاوات در سال	۸۷۵۰ میلیارد ریال
ارزش ائتلاف				
افغانستان	درآمد کشاورزی (میلیون متر مکعب)	۶۹۲۷ قیمت جهانی هر کیلوگندم	۳۰ هزار هکتار	۶۷۷ میلیارد ریال
	هزینه تولید انرژی برقابی	۲۸۰۰۰ (۰/۸ دلار)	۴۲ مگاوات در سال	۱۱۷۶ میلیارد ریال
	درآمد برقابی	۸۷۵۰۰ (۲/۵ دلار)	۴۲ مگاوات در سال	۳۶۷۰ میلیارد ریال
	فروش آب (میلیون متر مکعب)	۳۰۰	۴۰۰ MCM	۱۲۰ میلیارد ریال
	ارزش ائتلاف			۳۲۹۱ میلیارد ریال
ترکمنستان	هزینه تقاضای کشاورزی (میلیون متر مکعب)	۲۴۵۰ (۰/۷ دلار)	۳۱۰ MCM	۷۵۹ میلیارد ریال
	درآمد حاصل از کشاورزی	۷۰۰۰۰ (۲ دلار)	۳۱۰ MCM	۲۱۷۰۰ میلیارد ریال
	درآمد حاصل از خرید آب مازاد و تولید پنبه	۷۰۰۰۰ (۲ دلار)	۲۰۰ MCM	۱۴۰۰۰۰ میلیارد ریال
	هزینه خرید آب مازاد	۳۰۰	۲۰۰ MCM	۶۰۰ میلیارد ریال
	فروش انرژی	۸۷۵۰۰ (۲/۵ دلار)	۸۰ مگاوات	۷۰۰۰ میلیارد ریال
ارزش ائتلاف				
۱۶۷۳۴۱ میلیارد ریال				

۳- تابع مشخصه

اولین قدم در تحلیل بازی همکارانه، محاسبه مقدار توابع مشخصه برای هر یک از هفت ائتلاف قابل تشکیل توسط بازیکنان است. روش ارزش شاپلی مقدار مشخصی از سود را به نسبت میزان تأثیرگذاری یک کشور در ائتلاف‌های مختلف، به آن تخصیص می‌دهد. بیان ریاضی ارزش شاپلی به شکل رابطه (۱) می‌باشد:

$$x_i = \sum_{i \in S} \frac{(|S|-1)! (|N|-|S|)!}{|N|!} [v(S) - v(S \setminus \{i\})] \quad (1)$$

x_i : میزان سود تخصیص داده شده به کشور i ، $|S|$: تعداد اعضای ائتلاف S ، $|N|$: تعداد کل اعضا، $v(S)$: ارزش ائتلاف S ، و $\{i\}$: ارزش ائتلاف S بدون حضور بازیکن i می‌باشد. مقصود

از ارزش یک ائتلاف، میزان افزایش سود نسبت به حالت غیر همکارانه است که با تشکیل آن ائتلاف به دست می‌آید. تابع مشخصه بازی v برای هر ائتلاف، ماکزیمم مقدار ائتلاف را با در نظر گرفتن سایر کشورها که در ائتلاف شرکت ندارند، محاسبه می‌نماید. برای ائتلاف‌های که حالت غیرهمکارانه دارند $v(Ir)$ ، $v(Af)$ و $v(Tu)$ و مقادیر ائتلاف جزئی به صورت $v(Ir, Tu)$ ، $v(Ir, Af)$ ، $v(Af, Tu)$ خواهد بود. ارزش ائتلاف کلی هم بر اساس مذاکره به صورت $v(Ir, Tu, Af)$ خواهد بود. تابع مشخصه برای تمام ائتلاف‌های ممکن به صورت جدول (۳) ارائه خواهد شد. براساس نتایج موجود در جدول باید کشورها تصمیم بگیرند، آیا همکاری شکل گرفته بین آن‌ها مثمر تر و سودآور خواهد بود یا خیر.

جدول ۳- محاسبه ارزش ائتلاف‌ها بین سه کشور

ائتلاف	سهم حاشیه‌ای هر کشور از ائتلاف			ارزش ائتلاف	مجموع منافع ائتلاف	دستاوردهای هر ائتلاف
	Ir	Tu	Af			
{Ir}	-۷۰۰۳/۸	-	-	+۷۰۰۳/۸*	-۷۰۰۳/۸	۰
{Tu}	-	۴۷۴۰	-	۴۷۴۰	۴۷۴۰	۰
{Af}	-	-	-۱۳۵۱۸	-۱۳۵۱۸	-۱۳۵۱۸	۰
{Ir, Tu}	-۷۰۰۳/۸	۴۷۴۰	-	-۱۸۸۹۳	-۲۲۶۳	-۲۱۱۵۶
{Af, Tu}	-	۴۷۴۰	-۱۳۵۱۸	۱۱۹۹۱	-۸۷۷۸	۳۲۱۳
{Ir, Af}	-۷۰۰۳/۸	-	-۱۳۵۱۸	۱۱۹۹۱	-۲۰۵۲۱	-۱۹۳۲۲
{Ir, Af, Tu}	-۷۰۰۳/۸	۴۷۴۰	-۱۳۵۱۸	۱۷۱۷۷۸	-۱۵۷۸۱	۱۵۵۹۹۷

* مجموع ارزش ائتلاف ایران با خودش اگرچه منفی است، اما مجموع منافع این ائتلاف به صورت منافع اجتماعی در شهر مشهد نمایان خواهد شد. به عبارت دیگر مجموع منافع ائتلاف برای مشهد به صورت مثبت نمود خواهد یافت.

نتیجه و بحث

علت احداث سد سلما در کشور افغانستان از نظر تامین آب مکفی دچار مشکل شده است. در این مطالعه، حوضه آبریز هریرود به دلیل افزایش مناقشات موجود در زمینه تخصیص منابع آبی آن، بین آب‌بران مختلف در سال‌های اخیر، به عنوان مطالعه موردی انتخاب شد و ابزارهای نظریه بازی همکارانه به منظور محاسبه سود اضافی ناشی از همکاری بازیکنان با یکدیگر به کار گرفته شد. در این زمینه، از روش ارزش شاپلی برای تخصیص عادلانه سود ائتلاف منتخب توسط بازیکنان بین یکدیگر استفاده گردید. در حقیقت تحلیل سود- هزینه به منظور شناسایی تخصیص‌هایی که تمامی بازیکنان، تمایل به پذیرش آن‌ها دارند، انجام پذیرفته است. بر اساس محاسبه ارزش ائتلاف‌های مختلف بین سه کشور حوضه هریرود، تنها دو ائتلاف قابلیت شکل‌گیری دارد. ائتلاف افغانستان با ترکمنستان و همچنین ائتلاف سه کشور با یکدیگر منطقی و سودمند خواهد بود. از طرفی براساس نتایج ارزش ائتلاف‌ها بین سه کشور ایران جهت تامین آب شرب ملزم به همکاری با دو کشور دیگر خواهد بود، در صورتی که ترکمنستان بدون ائتلاف گسترده نیز منافع خود را حفظ خواهد کرد.

اهمیت رودخانه هریرود برای ایران بیشتر تابع نیاز شهر مشهد به آب شرب می‌باشد. شهر مشهد در سال‌های اخیر به علت کمبود بارش سالانه و فشار بر منابع زیرزمینی دچار خسارت‌های سنگینی شده است، به طوریکه هم اکنون دشت مشهد با بیلان منفی در سفره‌های آب زیرزمینی مواجه است. دشت مشهد با ۲۲۵ میلی‌متر بارش دارای اقلیمی خشک بوده و لذا بیش از ۸۰ درصد بارش سالانه در سطح دشت به صورت تبخیر و تعرق از دسترس خارج می‌شوند. در حال حاضر مصرف آب شرب در دشت مشهد حدود ۳۰۰ میلیون مترمکعب در سال است که در افق ۱۴۱۰ این میزان فقط برای شهر مشهد به ۴۰۰ میلیون مترمکعب در سال افزایش خواهد یافت. تامین آب این شهر عمدتاً از طریق سدهای طرق و کارده در نزدیکی مشهد و سد دوستی و بهره‌برداری از حدود ۳۰۰ چاه عمیق انجام می‌شود. به رغم تنوع منابع تامین آب شرب مشهد، د وظیفه اصلی تامین آب شرب، بیشتر به عهده منابع آب زیرزمینی دشت مشهد و سد دوستی در مرز ترکمنستان و ایران است؛ ولی این سد به

تفاهم پایدار و درازمدت منافع همه کشورها بهینه خواهد شد. در این بین جهت اجرایی شدن موضوع تأمین آب مشهد توجه به استراتژی سایر کشورهای حوضه آبریز هریرود ضروری به نظر می‌رسد. لذا تفاهمات یک‌طرفه به سود ایران نبوده و بایستی تفاهم چندجانبه‌ای در زمینه‌های گاز، مشتقات نفتی و آب بین سه کشور فراهم گردد تا منافع ایران پایدار باقی بماند. اجرای چنین طرح‌هایی فراملی بوده و دارای ابعاد سیاسی، اقتصادی و اجتماعی مختلف بوده و لازم است اراده همکاری در تمامی فضای اجرایی و سیاسی کشور وجود داشته باشد.

Palau R.G. 2011. Afghanistan's Transboundary Water Resources: Regional Dimensions, CIVIL-MILITARY FUSION CENTRE, available at www.cimicweb.org.

Rogers P. 1969. A game theory approach to the problems of international River Basin. *Water Resour. Res.* 5 (4): 749-760.

Wu X., and Whittington D. 2006. Incentive compatibility and conflict resolution in international river basins: A case study of the Nile Basin. *Water Resources Research*, 42(2), W02417. DOI: 10.1029/2005WR004238

Teasley R. L. and D. C. McKinney. 2008. Water Resource Management in a Transboundary River Basin using Cooperative Game Theory: The Rio Grande/Bravo Basin, EWRI World Environmental and Water Resources Conference, Honolulu, HI, May 2008.

بر اساس نتایج نظریه بازی همکاری ایران با افغانستان و ترکمنستان در زمینه تبادل آب با گاز و مشتقات نفتی، ضروری به نظر می‌رسد. در این میان افغانستان نقش تأمین‌کننده آب و مصرف‌کننده گاز و مشتقات نفتی را دارا بوده و ترکمنستان تأمین‌کننده گاز و نقش ترانزیت آب و مشتقات نفتی از این کشور را دارد و ایران تأمین‌کننده مشتقات نفتی و مصرف‌کننده آب می‌باشد. با ایجاد یک رابطه نزدیک بین سه کشور و ایجاد

میان‌آبادی، ح. ۱۳۹۲. مروری بر قوانین بین‌المللی آب. هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

Bahaduri A. and Liebe J. 2013. Cooperation in Transboundary Water Sharing with Issue Linkage: Game-Theoretical Case Study in the Volta Basin. *J. Water Resour. Plann. Manage.*, 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000252, 235-245.

Kucukmehmetoglu M. and Guldman J. M. 2004. International water resources allocation and conflicts: the case of the Euphrates and Tigris. *Environment and Planning A*, 36(5): 783-802.

Kucukmehmetoglu M. and Guldman J. 2010. Multi-objective Allocation of Transboundary Water Resources: Case of the Euphrates and Tigris. *J. Water Resour. Plann. Manage.*, 136(1): 95-105.