



Market-Based Welfare Effects Modeling in Regional Allocation of Water Compared to the Administrative Allocation by Developing Cooperative Game; Case Study

N. Safari^{1*}, M. Zarghami², D. Behboudi³
and M.T. Alami⁴

Abstract

In order to supply reliable water to prioritized demands a comprehensive plan is needed. In this paper, the allocation of water resources in a basin is evaluated using two methods of administrative and market-based mechanisms. The study area is Balikhlichay river basin in Ardabil Province. First, in the administrative allocation, a nonlinear optimization model is developed to maximize the net benefit of farmers taking into account the system constraints. At this stage, the area of crops, the optimum amount of water and the shadow prices are obtained in each region. In the market-based allocation the optimization model is developed to maximize the economic value of irrigation water and defining tradable water rights. In order to reallocate the market benefits and establish a sustainable market, the concept of the cooperative game and Shapley value is then utilized. The benefits of the market are equitably distributed in a different coalition of consumers. The results of the administrative allocation model are considered as the initial water rights in the second model. The economic value of water is derived by calculating the area under the inverse water demand function curve for each region. The volume of water trades and the final allocated water are decision variables. The benefits of all consumers in the market will increase by cooperative game. Results indicated that water market in the Balikhlichay region can improve water use efficiency. The results showed that the market provides the potential for trading of about 18% of water rights among farmers in this region. Additionally, the results obtained in this paper showed that these trades would increase farmers' profitability by about 9%.

Keywords: Water allocation, Water market, Optimization, Shadow price, Balikhlichay basin.

Received: February 1, 2016

Accepted: July 8, 2016

مدل‌سازی اثر رفاهی بازار در تخصیص بین ناحیه‌ای آب در مقایسه با تخصیص عمومی با توسعه بازی همکارانه؛ مطالعه موردی

نسیم صفاری^{۱*}، مهدی زرغامی^۲، داود بهبودی^۳
و محمدتقی اعلمی^۴

چکیده

به منظور عرضه مطمئن آب و رعایت اولویت‌های تخصیص مختلف، نیاز به برنامه‌ای دقیق و کامل است. در این مقاله تخصیص منابع آب یک حوضه آبریز با استفاده از دو روش تخصیص عمومی و تخصیص مبتنی بر بازار آب مورد توجه قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، حوضه آبریز بالخلی‌چای در استان اردبیل می‌باشد. ابتدا با هدف مدل‌سازی تخصیص عمومی، با استفاده از یک مدل بهینه‌سازی غیر خطی، سود خالص کشاورزان با تعیین سطح زیر کشت هر یک از محصولات در هر منطقه و همچنین مقدار آب تخصیص یافته بهینه به هر یک از مناطق محاسبه شده است. در مرحله دوم، برای تخصیص بازار آب، مدل بهینه‌سازی با تابع هدف ارزش اقتصادی آب و با وجود امکان مبادله حقایقه‌ها، توسعه داده شده است. پس از تخصیص آب به شرکت‌کنندگان در بازار، برای رعایت عدالت و تشکیل بازار پایدار، باید پرداخت‌هایی بین شرکت‌کنندگان صورت گیرد. برای بازتخصیص سود حاصل از تشکیل بازار از مفهوم بازی همکارانه و ارزش شاپلی استفاده شده و با تشکیل ائتلاف‌های مختلف از مصرف‌کنندگان، سود حاصل از برقراری بازار بصورت عادلانه توزیع شده است. در این مدل، نتایج بدست آمده از مدل تخصیص عمومی، به عنوان حقایقه‌های اولیه در نظر گرفته شده است. تابع ارزش اقتصادی آب، با محاسبه سطح زیر منحنی تابع تقاضای معکوس برای هر ناحیه بدست آمده است. حجم مبادلات مناطق و مقادیر آب اختصاص یافته نهایی، متغیرهای مدل می‌باشند. با تشکیل بازی همکارانه، سود کلیه مصرف‌کنندگان با تشکیل بازار افزایش خواهد یافت. بر اساس نتایج این تحقیق، تشکیل بازار آب در منطقه بالخلی‌چای با انتقال آب به مصارف با ارزش سایه‌ای بالاتر، می‌تواند سبب افزایش بهره‌وری مصرف آب گردد. بر اساس نتایج، با تشکیل بازار در منطقه مورد مطالعه، امکان مبادله ۱۸ درصد حقایقه‌های تخصیص یافته فراهم می‌گردد که این حجم مبادلات، سبب افزایش سود در حدود ۹ درصد می‌شود.

کلمات کلیدی: تخصیص آب، بازار آب، بهینه‌سازی، قیمت سایه‌ای، حوضه آبریز بالخلی‌چای.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۱۱/۱۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۴/۱۸

1- Ph.D. Candidate, Dept. of Civil Engineering, University of Tabriz, Iran.

Email: saffari@tabrizu.ac.ir

2- Associate Prof. Dept. of Civil Engineering, University of Tabriz, Iran.

3- Prof. Dept. of Economic, Management and Commerce, University of Tabriz, Iran

4- Prof. Dept. of Civil Engineering, University of Tabriz, Iran

*- Corresponding Author

۱- دکتری منابع آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز.

۲- استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز

۳- استاد دانشکده اقتصاد، مدیریت و بازرگانی، دانشگاه تبریز

۴- استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز

*- نویسنده مسئول

۱- مقدمه

بازار آب به یکی از اصلی‌ترین روش‌های افزایش بهره‌وری منابع آب در دنیا تبدیل شده است و تلاش‌های زیادی در جهت تحلیل بازار آب، برای گسترش استفاده از این ابزار اقتصادی در جهان آغاز شده است. بر اساس نتایج این بررسی‌ها، توجه کافی به قیمت‌ها و در نتیجه فرایند بهینه تخصیص آب و سرمایه‌گذاری‌های وابسته، از طریق بازار آب امکان پذیر است.

بر اساس مطالعه Hearne and Easter (1995) که در چند مطالعه موردی در کشور شیلی انجام یافته است، آب در آینده نمی‌تواند به عنوان یک کالای رایگان مورد استفاده قرار بگیرد و راه‌حلهایی برای تخصیص و قیمت‌گذاری آن باید ارایه شود. Zekri and Easter (2005) با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی خطی، به بررسی پتانسیل سود و ضرر ناشی از بازار آب بین کشاورزان و همچنین مبادله بین کشاورزان و شرکت‌های تامین آب شهری در کشور تونس پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که بازار آب بین کشاورزان و شرکت‌های آب شهری، باعث افزایش سود کشاورزان تا حدود ۷/۹ درصد خواهد شد. بازار آب با انتقال آب به مصرف‌کنندگانی که دارای بالاترین سود حاشیه‌ای حاصل از مصرف یک واحد آب می‌باشند، سبب افزایش بهره‌وری اقتصادی مصرف آب می‌گردد. Gómez-Limón and Martínez (2006) یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره را برای شبیه‌سازی بازار آب کشاورزی در حوضه‌ای در شمال اسپانیا ارائه نمودند. در قالب این روش، مدل‌سازی بازار آب در صورتی واقع‌بینانه است که در بازار، منابع از مصارف با بهره‌وری کمتر به مصارف با بهره‌وری بالاتر، انتقال یابد تا جایی که بتوان به نقطه تعادل رسید. نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از افزایش بازده اقتصادی و نیاز به نیروی کار کشاورزی در اثر اجرای این طرح اقتصادی می‌باشد. Nikouei and Najafi (2011)، در مطالعه‌ای به شبیه‌سازی یک بازار آب برای تحلیل جنبه‌های اقتصادی و رفاهی متاثر از کاربرد آن در شهرستان اصفهان پرداخته‌اند. در این تحقیق به کمک یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت نشان داده شده که در صورت اجازه مبادله آب، سطح رفاه کشاورزان بالا می‌رود (حدود ۱۴٪) و آب از مصارف با درآمد کمتر به مصارف با توانایی تولید محصولات با ارزش بیشتر انتقال می‌یابد. لذا بعضی زمین‌ها که قبلاً کشت می‌شد آیش می‌شود. Shahraki et al. (2013)، وجود مکانیسم حقوقی مالکیت آب را لازمه‌ی تشکیل بازار آب دانسته‌اند. در این مطالعه سعی شده است با تدوین الگویی در قالب روش قیمت هدانیک^۲، ارزش این مجوزها در منطقه پاشاکلا در استان مازندران تعیین گردد. نتایج این الگو نشان داد که ارزش مجوزهای آبیاری حدود ۲۰ تا ۲۷ درصد ارزش

در شرایط فعلی یکی از مسائل مهم و نیازهای اساسی در مدیریت منابع آب کشور، مدیریت تقاضای آب به عنوان رویکردی جدی است. از طرفی محدودیت منابع آبی و اصل پایداری در مدیریت آن، تامین آب کلیه نیازهای موجود را غیرممکن ساخته است. با توجه به مشکلات کمبود آب در سال‌های اخیر و عدم تعادل در عرضه و تقاضای آب، مدیریت مصرف، ایجاد انگیزه، آگاهی و اجرای قوانین محکمی که در کنار هم بتوانند مصرف آب را کاهش داده و بهره‌وری آب را بالا ببرند، الزامی است (OhabYazdi et al. 2014). قیمت‌گذاری و بازار آب^۱ می‌تواند نقش مهمی را در تخصیص آب، تشویق مصرف‌کنندگان به حفظ منابع آب محدود و افزایش تولید و سود اقتصادی ایفاء نماید. بازار یک نهاد مبادله است که فعالیت‌های اقتصادی را تنظیم و به‌وسیله‌ی تعیین قیمت، اطلاعات مربوط به نیازهای مطرح شده و امکانات موجود را به مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان برای انتخاب‌های بهینه منتقل می‌کند. هر بازار متشکل از دو رکن اساسی عرضه و تقاضا است که عمدتاً بیانگر تصمیم‌های عرضه‌کنندگان و تقاضاکنندگان در آن بازار است.

روشهای تخصیص منابع آب تابع دو عامل اصلی ملاحظات اقتصادی و اجتماعی بوده است که در تعریف روش‌ها، شاخص‌ها و حتی مدل‌سازی نقش ایفاء می‌کنند. انتخاب روش مناسب تخصیص، سبب کاهش اختلافات در تخصیص منابع محدود حوضه بین ذی‌نفعان مختلف منطقه می‌گردد. در این تحقیق، مسئله مدیریت و حل اختلاف در تخصیص منابع حوضه بین ذی‌نفعان، در قالب دو شیوه تخصیص از طریق نهادهای عمومی و سیستم مبتنی بر بازار ارائه می‌گردد و نتایج این دو شیوه با هم مقایسه می‌شوند. در روش تخصیص عمومی آب، معمولاً یک نهاد دولتی، تخصیص را بر اساس قوانین وضع شده، تنظیم و کنترل می‌نماید. در روش مبتنی بر بازار، مصرف‌کنندگان می‌توانند حقایق مازاد خود را مبادله کنند. بازار آب به عنوان یک نهاد مبادله می‌تواند بوسیله تعیین قیمت مناسب برای خرید و فروش آب، اطلاعات مربوط به نیازها و منابع موجود را به اطلاع خریداران و فروشندگان برای انتخاب بهینه برساند و از این طریق می‌تواند فعالیت‌های اقتصادی را تنظیم کند و باعث افزایش بهره‌وری اقتصادی گردد (Jafreh and Alizadeh, 2009). مطالعات متعددی در زمینه تخصیص بهینه منابع آب انجام شده است که در اکثر این مطالعات، تخصیص آب به روش عمومی بحث شده است. در روش تخصیص عمومی به ارزش اقتصادی آب توجه نمی‌شود و تمرکز اصلی بر تامین نیازها می‌باشد. در شرایط حاضر،

تحلیل نتایج، به بررسی بازار آب محلی در شهرستان اسکو پرداخته شده است. بر اساس نتیجه این مطالعه، مبادلات آب در این شهرستان به سه صورت موقت، سالانه و دائمی انجام می‌شوند، ولی اکثر مبادلات صورت گرفته، بصورت موقت می‌باشند. در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲، قیمت میانگین هر مترمکعب آب در مبادلات موقت در حدود ۱۸۲۵ ریال برآورد شده است.

اخیراً توسعه بازارهای آب با تأکید برنامه پنجم توسعه در دشت‌های مستعد کشور مورد توجه قرار گرفته است. در ایران نیز، تلاش‌هایی در زمینه بازار آب شکل گرفته ولی مشکلات و موانع مختلفی در ایجاد بازارهای آب وجود دارد که می‌توان به نبود قوانین داد و ستد، نبود قیمت توافقی، عدم وجود اطلاعات کافی در میان حقه‌داران و هزینه‌های مبادله اشاره کرد. در ماده ۱۴۲ برنامه پنجم توسعه به تقویت بازارهای محلی و منطقه‌ای و توجه به ارزش آب پرداخته شده است ولی با بررسی منابع مشاهده می‌شود که در ایران مطالعات کافی برای بررسی آثار اقتصادی بازار آب صورت نگرفته است. در مطالعه حاضر، تخصیص آب در ساختار عمومی و بازار آب بررسی می‌گردد. بازار برای مبادله آب بین چهار منطقه داخل حوضه آبریز بالخلی‌چای در استان اردبیل در نظر گرفته شده است. تابع سود کشاورزان بعنوان تابع هدف بکار برده می‌شود. مناطق مختلف در شبکه‌های آبیاری حوضه مورد مطالعه، به عنوان ذی‌نفعان سیستم لحاظ می‌گردند. در مدل تخصیص عمومی، امکان مبادله حقه‌ها وجود ندارد ولی در مدل تخصیص مبتنی بر بازار، حقه‌های قابل مبادله تعریف می‌شوند. همچنین در این تحقیق، تابع ارزش اقتصادی آب با محاسبه تابع تقاضای ذی‌نفعان برآورد می‌گردد و باز تخصیص سود حاصل از تشکیل بازار آب با کمک بازی همکارانه شاپلی انجام شده است. در این مطالعه، قیمت خرید و فروش آب در بازار و حجم بهینه مبادلات بین بهره‌برداران مختلف نیز به دست می‌آید.

مدل‌های مورد استفاده در مطالعات قبلی، عمدتاً با استفاده از مدل‌های بهینه‌سازی خطی و برنامه‌ریزی ریاضی به شبیه‌سازی بازار آب پرداخته‌اند. ولی در این مطالعه به عنوان نوآوری، تلاش شده است که تشکیل بازار در قالب یک بازی تعاونی، با محاسبه تابع ارزش اقتصادی آب برابر با سطح زیر منحنی تقاضای معکوس آب، توسعه یابد و ائتلاف بین ناحیه‌های مختلف در یک حوضه آبریز در تشکیل بازار بررسی شده است. همچنین در مقاله حاضر، قیمت سایه‌ای^۴ با محاسبه مقدار سود اقتصادی حاصل از مصرف یک واحد آب مازاد بر مقدار تخصیص یافته، برای هر یک از مناطق بصورت

اراضی منطقه را تشکیل می‌دهد. Parhizkari et al. (2013). پژوهشی بازار آب در حوضه رودخانه شاهرود را به منظور تعیین نقش آن در ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب و بررسی اثرات سیاست اشتراک‌گذاری آب آبیاری بر الگوی کشت تحت شرایط کم‌آبی شبیه‌سازی کرده‌اند. برای این منظور، از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت و توابع تولید منطقه‌ای محصولات کشاورزی استفاده شده است. افزون بر آن، نتایج نشان داد که با تشکیل بازار آب و انجام معاملات بین مناطق مذکور، منافع اقتصادی کشاورزان افزایش می‌یابد. Keramat Zadeh et al. (2013). به بررسی بازار آب و تحلیل تأثیرات اقتصادی و اجتماعی ناشی از آن در منطقه‌ای در خراسان شمالی، با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی پرداخته‌اند. بر اساس نتایج این تحقیق، با ایجاد بازار آب، مجموع کل سود حاصل از کشت محصولات به میزان ۱۲ و ۲۳ درصد و اشتغال ناشی از تغییر الگوی کشت نیز به مقدار ۶۲ و ۳۲ درصد در شرایط نرمال و خشکسالی افزایش خواهد یافت.

در مقاله دیگری (Dinar and Nigatu (2013)، با استفاده از مفهوم بازی تعاونی^۳ به ارزیابی طرح‌های مختلف تخصیص در رودخانه نیل آفریقا پرداختند. بر اساس مطالعات انجام شده در این حوضه، وجود یک برنامه تخصیص اجتماعی با بهینه‌سازی سود کلی سیستم، نسبت به شرایط کنونی که تخصیص بصورت انحصاری و بر اساس قدرت سیاسی، نظامی و اقتصادی می‌باشد، دارای اولویت می‌باشد. در این مطالعه، تجارت آب به عنوان نهادی مؤثر در بهبود عملکرد سیستم موجود و ایجاد همکاری، معرفی شده است. Yousefi et al. (2014)، تحقیقی با هدف بررسی آثار رفاهی انتقال آب از بخش کشاورزی به سایر بخش‌ها بر اساس مکانیزم بازار با استفاده از مدل تعادل عمومی انجام داده‌اند. نتایج حاصل از ایجاد بازار آب، نشانگر پتانسیل بالقوه بازار در جهت افزایش رفاه خانوارهای روستایی به خصوص در شرایط کم‌آبی می‌باشد. Bekchanov et al. (2015). سیستم تخصیص مبتنی بر بازار را به عنوان یک جایگزین برای تخصیص عمومی در حوضه آرال مطرح نمودند. دستاوردهای اقتصادی ناشی از این سیستم بر اساس یک مدل یکپارچه هیدرولوژیکی-اقتصادی در دو حالت مبادله درون حوضه‌ای و بین حوضه‌ای تحلیل شده است. مدل هیدرولوژیکی - اقتصادی حاصل از ترکیب مدل‌سازی سود اقتصادی به همراه سیستم تعادل هیدرولوژیکی حوضه می‌باشد و امکان بهینه‌سازی سود اقتصادی در شرایط واقع‌بینانه را فراهم می‌سازد. بر اساس نتایج، بازار بین حوضه‌ای سبب افزایش بیشتری در سود اقتصادی سیستم می‌گردد. در مطالعه Zrghami (2015)، با جمع‌آوری اطلاعات و

در هر هکتار از محصول z در منطقه i می‌باشند. سایر نهاده‌های تولید شامل کود، نیروی کار و سرمایه می‌باشد.

محدودیت‌های مدل‌سازی عبارتند از:

$$\sum_{j=1}^4 (X_{ij}) \leq A_i \quad \forall i \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^4 (\bar{W}_{ij} \cdot X_{ij}) \leq W_i \quad \forall i \quad (4)$$

$$X_{ij} \geq 0, \bar{W}_{ij} \geq 0 \quad (5)$$

قید اول مربوط به محدودیت اراضی در هر منطقه و قید دوم نشان دهنده محدودیت منابع آب هر منطقه می‌باشد. برای سطح زیر کشت محصول گندم نیز به عنوان یکی از محصولات استراتژیک منطقه، حداقل مقداری در نظر گرفته شده است. A_i : مساحت اراضی هر منطقه (هکتار) و W_i : منابع آب در دسترس هر منطقه (مترمکعب) می‌باشند. در رابطه (۲)، عملکرد هر محصول به صورت تابع درجه دو از مقدار آب تخصیص یافته به هر هکتار قابل بیان است (Garrido, 2000). این تابع براساس اطلاعات سال‌های گذشته (۱۳۹۴-۱۳۸۶)، برای عملکرد و مقدار آب مصرفی هر هکتار از محصولات با استفاده از برازش بدست آمده است. اطلاعات لازم از سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل در سال ۱۳۹۴، اخذ شده است.

$$Y_{ij} = a_0 + a_1 \bar{W}_{ij} + a_2 \bar{W}_{ij}^2 \quad (6)$$

a_2, a_1, a_0 ضرایب ثابت معادله عملکرد می‌باشند. ضرایب معادله (۶)، برای مناطق مختلف مطابق معادلات ۷ تا ۱۰ بدست آمده است.

$$Y_{i1} = -142939 + 44.28 \bar{W}_{i1} - 0.0033 \bar{W}_{i1}^2 \quad (7)$$

$$Y_{i2} = -844312 + 271.6 \bar{W}_{i2} - 0.0209 \bar{W}_{i2}^2 \quad (8)$$

$$Y_{i3} = -84534 + 27.5 \bar{W}_{i3} - 0.0021 \bar{W}_{i3}^2 \quad (9)$$

$$Y_{i4} = -515101 + 159.95 \bar{W}_{i4} - 0.012 \bar{W}_{i4}^2 \quad (10)$$

۲-۲- مدل‌سازی تخصیص با وجود بازار آب

در این مرحله، مدل برنامه‌ریزی با امکان مبادله آب بین مناطق تشکیل می‌گردد. این مدل‌سازی سبب انتقال آب به مصارف با بازده بالاتر می‌گردد و مبادله آب باعث می‌شود تا سود فروشنده ای که دارای ارزش سایه ای آب پایین‌تری است، توسط خریدار با ارزش سایه‌ای بالاتر افزایش یابد. در این مرحله، تابع هدف برای سود هر یک از مناطق بصورت زیر تشکیل می‌گردد:

$$Z_i = (FS_i(\bar{W}_i + w_{b_i} - w_{s_i}) - w_{b_i} \left(P_{market_i} + \frac{t_c}{2} \right) + w_{s_i} \left(P_{market_i} - \frac{t_c}{2} \right)) \quad \forall i \quad (11)$$

در مدل‌سازی تخصیص با امکان مبادله آب، نتایج بدست آمده برای آب تخصیص یافته به هر یک از مناطق در مدل تخصیص عمومی، به عنوان تخصیص اولیه در نظر گرفته می‌شود. سود کلی

جداگانه، بدست آمده است و نتایج هر دو سیستم تخصیص عمومی و بازار آب مقایسه شده است.

۲-روش تحقیق

در این مقاله برای تخصیص منابع آب حوضه آبریز بالخلی‌چای واقع در استان اردبیل، از دو روش تخصیص عمومی و تخصیص با وجود بازار آب استفاده شده است.

۲-۱- مدل‌سازی تخصیص عمومی

در ابتدا یک مدل برای محاسبه سود ذی‌نفعان تشکیل شده است. در این مرحله امکان مبادله آب وجود ندارد. کشاورزان مناطق مختلف، به عنوان عوامل شرکت‌کننده در مدل در نظر گرفته شده است. تابع هدف هر یک از ذی‌نفعان برای منطقه مورد مطالعه را می‌توان بصورت زیر نشان داد:

$$Z_i = \sum_{j=1}^4 (P_{ij} Y_{ij} X_{ij} - P_{w_{ij}} X_{ij} \bar{W}_{ij} - P_{in_{ij}} Q_{ij} X_{ij}) \quad \forall i \quad (1)$$

در مدل‌سازی متمرکز، یک فرآیند تصمیم‌گیری از بالا به پایین با تبادل اطلاعات کامل و بازده اقتصادی کارا، در نظر گرفته می‌شود (Yang et al. 2009). در مدل‌سازی متمرکز، سود کلی ذی‌نفعان حوضه در شرایط تخصیص عمومی حداکثر می‌گردد:

$$Max Z = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 (P_{ij} Y_{ij} X_{ij} - P_{w_{ij}} X_{ij} \bar{W}_{ij} - P_{in_{ij}} Q_{ij} X_{ij}) \quad (2)$$

در رابطه فوق، ضریب i نشان دهنده مناطق مختلف حوضه ($i=1$ منطقه شبکه اردبیل، $i=2$ منطقه یامچی، $i=3$ منطقه سرعین و $i=4$ منطقه نیر) و ضریب j برای محصولات مختلف حوضه (گندم، سیب زمینی، جو و یونجه) بکار برده شده است. بیشتر از ۸۵ درصد سطح زیر کشت حوضه مورد مطالعه به این چهار محصول اصلی اختصاص یافته است. در این روابط، Z_i : تابع سود هر یک از منطقه i (ریال)، P_{ij} : قیمت فروش محصول j در منطقه i (ریال بر کیلوگرم)، Y_{ij} : عملکرد محصول j در منطقه i (کیلوگرم بر هکتار)، X_{ij} : مقدار سطح زیر کشت محصول j در منطقه i (مترمکعب)، $P_{w_{ij}}$: قیمت هر مترمکعب آب برای محصول j در منطقه i (ریال بر مترمکعب)، \bar{W}_{ij} : مقدار آب مورد نیاز هر هکتار از محصول j در منطقه i (مترمکعب)، $P_{in_{ij}}$: قیمت واحد سایر نهاده‌ها برای محصول j در منطقه i (ریال)، Q_{ij} : سطح استفاده از سایر نهاده‌ها

بصورت جداگانه، حل شده است و تفاوت در سود این دو حالت، به عنوان ارزش سایه‌ای برای هر منطقه در نظر گرفته شده است.

برای تخمین تابع ارزش اقتصادی^۷ آب، از تابع تقاضای معکوس^۸ آب استفاده شده است. تابع تقاضای معکوس آب بیانگر تغییرات قیمت آب در مقابل نیاز آبی است. سطح زیر منحنی تقاضای معکوس آب نشان‌دهنده سود مازاد یا ارزش اقتصادی آب (FS) می‌باشد (Garrido, 2000, Walter et al. 2010).

مسئله مبادله آب در حوضه، در قالب یک بازی همکارانه قابل ارزیابی است (Dinar and Nigatu, 2013). در بازی همکارانه امکان سازش و تباری بین بازیکنان وجود دارد. در واقع منافع مشترک باعث پیوند استراتژی‌ها و مشارکت در بالاترین سود حاصل از رقابت می‌گردد. با ایجاد بازار آب، منابع آب تخصیص یافته به هر منطقه می‌تواند بصورت مشارکتی مصرف شود. با تعریف بازار در قالب بازی همکارانه، اختلاف سود حالت تخصیص بازار آب و تخصیص عمومی، بصورت عادلانه بین مناطق مختلف توزیع می‌شود و سود کلیه شرکت‌کنندگان در بازار افزایش می‌یابد و سبب تشکیل بازار پایدار می‌گردد. پس از تخصیص آب به شرکت‌کنندگان در بازار، برای رعایت عدالت، باید پرداخت‌هایی بین شرکت‌کنندگان صورت گیرد. این امر باعث انتقال سود بین مصرف‌کنندگان و افزایش سود کلیه مصرف‌کنندگان می‌گردد. اگر در بازی همکارانه، مبادله آب سبب افزایش سود در مقایسه با شرایط بدون مبادله گردد، در اینصورت در منطقه امکان تشکیل بازار وجود دارد (Dinar and Nigatu, 2013). حل این بازی با استفاده از ارزش شاپلی^۹ که مکانیسمی برای حل بازی‌های همکارانه است، انجام می‌شود.

برای مدل کردن پدیده تخصیص با وجود بازار در قالب بازی همکارانه، ذی‌نفعان ائتلاف‌های مختلفی را تشکیل می‌دهند و تابع مشخصه هر یک از ائتلاف‌ها تعریف می‌شود. مجموعه بازیکنان به شکل $N = \{1, 2, \dots, n\}$ تعریف می‌شود که $1, 2, \dots, n$ مصرف‌کنندگان سیستم می‌باشند. هر زیر مجموعه ناتمامی مثل S از N (شامل خود N)، یک ائتلاف را تشکیل می‌دهد. تابع مشخصه v ، یک تابع با مقدار حقیقی است که روی هر ائتلاف $S \subseteq N$ تعریف می‌شود و به آن مقدار $v(S)$ را نسبت می‌دهد. این مقدار بعنوان ارزش ائتلاف S تعبیر می‌شود. در مسئله تخصیص، $v(S)$ سودی است که بازیکنان عضو ائتلاف S از مصرف آب تخصیص یافته بدست می‌آورند.

شرکت‌کنندگان با وجود بازار، در مدل‌سازی متمرکز بصورت تابع زیر بیان می‌گردد:

$$Z = \sum_{i=1}^4 ((FS_i(\bar{w}_i + w_{b_i} - w_{s_i})) - \frac{t_c}{2}(w_{b_i} + w_{s_i})) \quad (12)$$

در معادلات فوق FS_i ، تابع سود حاصل از مصرف آب کشاورزی هر منطقه، w_{b_i} و w_{s_i} ، حجم آب خریداری شده و فروخته شده توسط منطقه i ، مقدار آب مصرفی هر هکتار، P_{market_i} قیمت واحد آب در بازار هر منطقه، \bar{w}_i مقدار حبابه اولیه هر یک از ذی‌نفعان و t_c هزینه انجام مبادلات می‌باشد. محدودیت‌های مدل‌سازی عبارتند از:

$$\bar{w}_i + w_{b_i} - w_{s_i} \leq A_i w_{k_i} \quad \forall i = 1, 2, 3, 4 \quad (13)$$

$$w_{b_i} \leq \bar{w}_i \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^4 (w_{b_i} - w_{s_i}) = 0 \quad (15)$$

$$P_{market_i} = \lambda^*_i \quad (16)$$

$$w_{s_i} \geq 0, w_{b_i} \geq 0 \quad (17)$$

\bar{w}_i مقدار حبابه اولیه هر یک از ذی‌نفعان و λ^*_i ارزش سایه ای آب در هر منطقه می‌باشد. مقدار حبابه اولیه هر یک از ذی‌نفعان، از نتایج مدل مرحله اول (۲) و قیود معرفی شده بدست آمده است. هزینه مبادلات^۶ شامل هزینه‌های جستجو و کسب اطلاعات، هزینه چانه‌زنی و هزینه اطمینان از قوانین می‌باشد (Davis and North, 1971). اکثر کارشناسان هزینه مبادله را به عنوان یک عامل تعیین‌کننده در موفقیت بازار آب عنوان نموده‌اند. در شرایطی که هزینه‌های مبادلات کم باشد، سیستم دارای پتانسیل سوددهی بالایی خواهد بود. مقدار سود با کاهش هزینه‌های مبادلات افزایش می‌یابد (Wang, 2012). در این تحقیق فرض شده است که هزینه مبادلات بصورت مساوی بین خریدار و فروشنده تقسیم می‌گردد.

مطابق محدودیت (۱۶)، قیمت واحد آب در بازار هر منطقه، برابر ارزش سایه‌ای آب در آن منطقه در نظر گرفته شده است. قیمت سایه‌ای برای هر منطقه از محاسبه سود حاصل از مصرف یک واحد آب مازاد بر مقدار تخصیص یافته، بدست آمده است. این قیمت معادل ارزشی است که در تابع هدف به ازای افزایش یک واحد از عامل بدست می‌آید (Nouri Naeini and Salahmanesh, 1994). برای محاسبه ارزش سایه‌ای مدل بهینه‌سازی برای هر یک از مناطق که مطابق رابطه (۱) تشکیل شده است، با همراه محدودیت‌های منطقه برای دو حالت (مقدار منابع آب تخصیص یافته اولیه و با افزایش یک واحد (۱ متر مکعب) در مقدار آب تخصیص یافته)

۳-۲- ارزش شاپلی

پیوستن به ائتلاف S بدست می‌آورد. ساختار انجام تحقیق، در شکل ۱ آورده شده است.

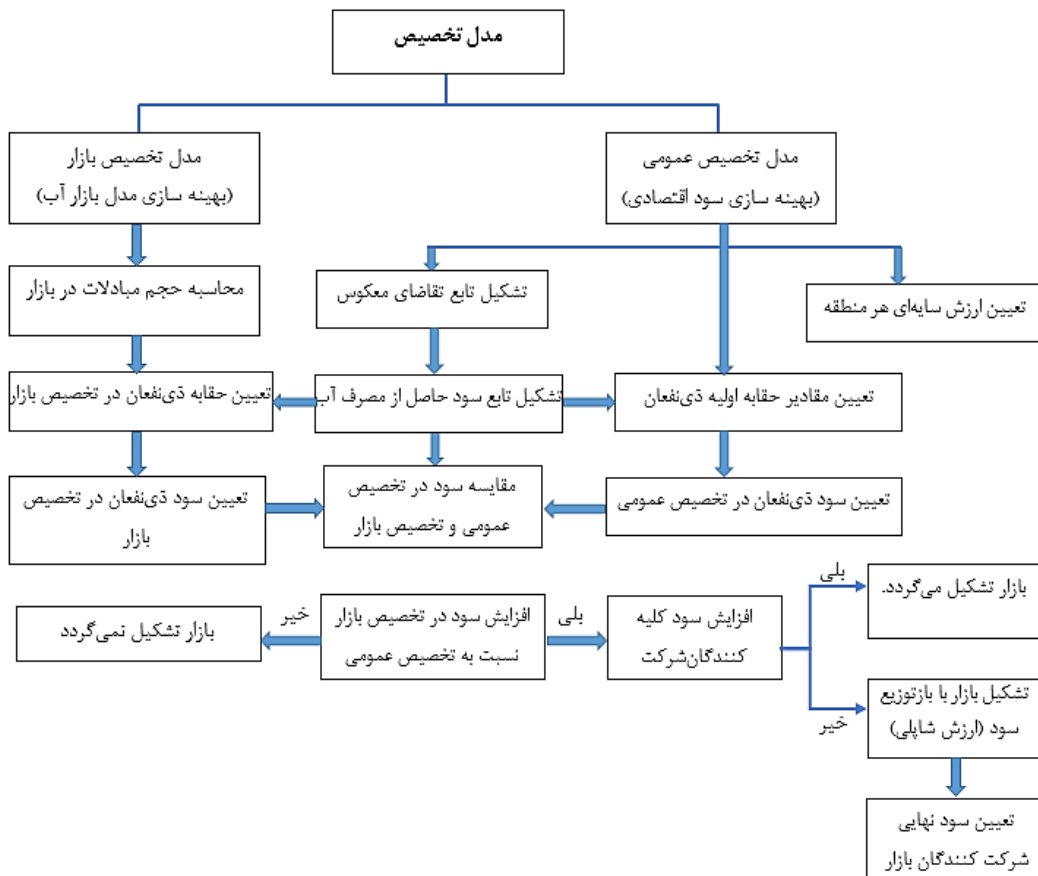
۳- مطالعه موردی

حوضه مورد مطالعه در این تحقیق، حوضه آبریز رودخانه بالخلی‌چای در شمالغرب ایران و واقع در استان اردبیل می‌باشد. رودخانه بالخلی‌چای سرشاخه اصلی رودخانه قره‌سو است و مقدار آبدهی سالیانه متوسط این رودخانه ۹۴ میلیون متر مکعب ثبت شده است (ARWMC, 2015). وسعت این حوضه آبریز، بالغ بر ۱۶۰۰ کیلومترمربع می‌باشد و شهرهای اردبیل، نیر و سرعین در حوضه آبریز این رودخانه قرار دارند. دو سد اصلی یامچی و مقدس اردبیلی (شورابیل) بر روی این رودخانه در حال بهره‌برداری می‌باشند (شکل ۲). مشخصات سدهای موجود در حال بهره‌برداری حوضه در جدول ۱ آورده شده است.

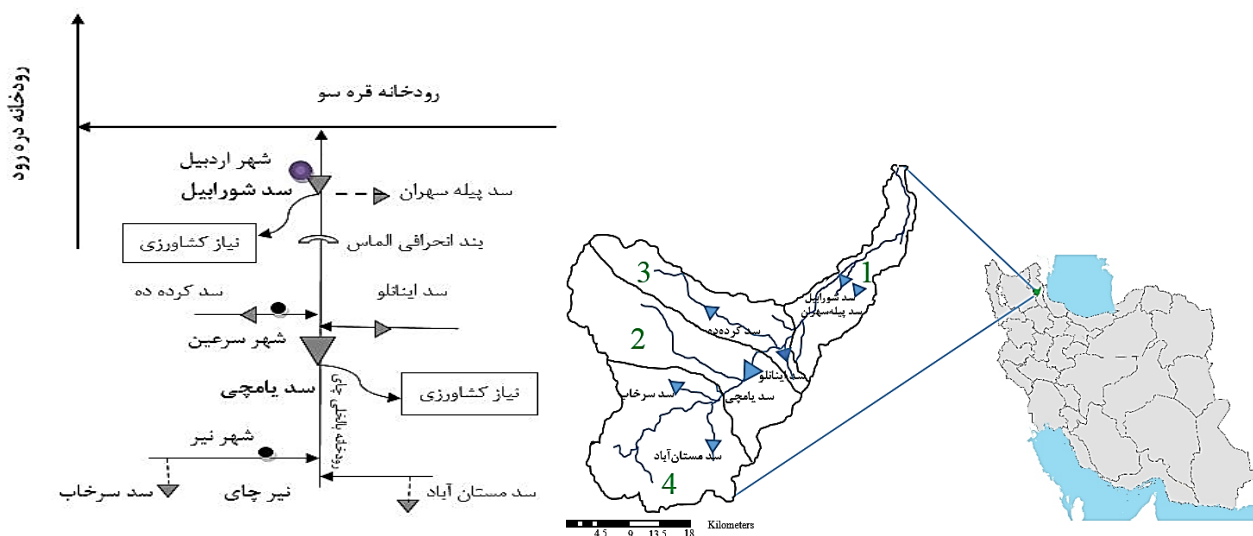
روش‌های مختلفی برای بازتخصیص سود ذی‌نفعان براساس نظریه‌بازی‌ها وجود دارد. بازی‌ها به دو گروه مهم همکارانه و غیرهمکارانه تقسیم می‌شوند. در بازی همکارانه رقابت بین ائتلاف‌های متشکل از بازیکنان صورت می‌گیرد (Abed-Elmdoust and Kerachian, 2012). ارزش شاپلی، یکی از مفاهیم بازی همکارانه می‌باشد. در روش شاپلی، هزینه مشترک همکاری بین بازیکنان تقسیم می‌گردد. در این روش فرض می‌شود، هزینه نسبی یک بازیکن هر ائتلاف، توسط افزایش هزینه‌ای که بازیکن با پیوستن به آن ائتلاف تولید می‌کند، تعیین می‌شود. تابع ارزش شاپلی با $\varphi_i(v)$ معرفی می‌گردد که $\varphi_i(v)$ نشان دهنده سود بازیکن i ام می‌باشد و با استفاده از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\varphi_i(v) = \sum_{S \subseteq N} \frac{(s-1)!(n-s)!}{n!} [v(S) - v(S - \{i\})] \quad (18)$$

در این رابطه، s تعداد اعضای ائتلاف S و n تعداد بازیکنان می‌باشد. عبارت $v(S) - v(S - \{i\})$ میزان سودی است که بازیکن i با



شکل ۱- ساختار روش تحقیق



شکل ۲- نقشه منابع آب حوزه آبریز بالخلی چای و موقعیت مناطق مورد مطالعه

جدول ۱- مشخصات سدهای حوزه بالخلی چای (ARWMC, 2015)

ردیف	عنوان	موقعیت	ظرفیت مخزن (م.م.م)	هدف	سطح اراضی (هکتار)	مرحله
۱	سد یامچی	یامچی	۸۲	کشاورزی و شرب	۱۰۰۰۰	بهره برداری
۲	سد شورابیل	اردبیل	۱۴	کشاورزی	۱۰۰۰	بهره برداری
۳	سد پیله سهران	اردبیل	۷	کشاورزی	۵۰۰	بهره برداری
۴	سد اینانلو	سرعین	۱/۵	کشاورزی	۱۵۰	بهره برداری
۵	سد سرخاب	نیر	۱/۲	کشاورزی	۲۰۰	بهره برداری
۶	سد مستان آباد	نیر	۰/۴۸	کشاورزی	۶۰	بهره برداری
۷	سد کرده ده	سرعین	۰/۲	کشاورزی	۳۰	بهره برداری

ساکنان، مشکل کمبود آب شرب، تغییر کاربری انجام شده در سد یامچی و نیز شرایط تغییر اقلیم از اهمیت زیادی برخوردار است. در صورت عدم مدیریت صحیح منابع و مصارف آب، حوضه با بحران مواجه خواهد شد. علت انتخاب این منطقه، وجود بازار محلی آب در شرایط فعلی، افزایش تقاضای آب و مشکلات موجود در مدیریت تقاضا در این حوضه می‌باشد و معرفی ابزارهایی برای مدل‌سازی تخصیص منابع آب حوضه و استفاده بهینه از منابع در دسترس، راهکار مؤثری در مقابله با مشکلات موجود در حوضه می‌باشد.

۴- نتایج و بحث

۴-۱- نتایج مدل تخصیص عمومی

مدل حوضه بالخلی چای بر اساس اطلاعات سال زراعی ۹۳-۹۴ تشکیل داده شده است. نتایج با استفاده از نرم افزار GAMS و برای چهار منطقه و چهار محصول عمده حوضه بدست آمده است. از حل

برای بررسی بازار آب، حوضه مورد مطالعه به چهار ناحیه اردبیل، یامچی، سرعین و نیر تقسیم شده است. ناحیه اردبیل، شامل شهر اردبیل و روستاهای اطراف و سدهای شورابیل و پیله سهران، ناحیه یامچی شامل شبکه آبیاری و زهکشی یامچی و سد یامچی، ناحیه سرعین، در برگیرنده شهر سرعین، نواحی اطراف و سدهای اینانلو و کرده ده و ناحیه نیر نیز شامل شهر نیر به همراه روستاهای اطراف و سدهای سرخاب و مستان آباد می‌باشند. افزایش جمعیت و توسعه کشاورزی به همراه عدم مدیریت صحیح منابع در این منطقه باعث شده که بین تقاضای آب و پتانسیل پایدار عرضه آب شکاف ایجاد شود و این شکاف در سال‌های آتی بیشتر خواهد شد. با مقایسه پتانسیل منابع آب تجدیدپذیر شهرستان اردبیل و نیاز کلیه بخش‌های مصرف‌کننده در افق ۱۴۱۰، میزان کمبود آب شهرستان ۶۲۸/۵۴ میلیون مترمکعب برآورد گردیده است (ARWMC, 2013). مطالعه این حوضه با توجه به وجود مسایل مربوط به رشد روزافزون جمعیت، صنعتی شدن و مهاجرت شدید نیروی کار، ارتقای سطح بهداشت

همانگونه که در جدول ۴ ملاحظه می‌شود، بیشترین ارزش سایه‌ای آب مربوط به منطقه (۲) می‌باشد و کمترین ارزش در منطقه (۴) حاصل شده است. علت اصلی این تفاوت در ارزش سایه‌ای آب، تفاوت در هزینه تولید محصولات در مناطق مختلف می‌باشد. ارزش سایه‌ای نشان‌دهنده بازده نهایی آب و بسیار بالاتر از بهای دریافتی و هزینه تولید می‌باشد (Soltani, 1993) و در این مطالعه نیز قیمت سایه‌ای بالاتر از بهای دریافتی بدست آمده است.

۴-۲- نتایج مدل تخصیص با وجود بازار آب

برای حل مدل تخصیص بازار، در ابتدا باید تابع تقاضای معکوس آب و تابع ارزش اقتصادی آب برای مناطق مختلف تشکیل شود. برای محاسبه تابع تقاضای معکوس آب در منطقه مورد مطالعه، مدل ۱ برای سطوح مختلفی از مقادیر W (آب در دسترس حوضه) حل می‌شود و نمودار سود حاشیه‌ای در مقابل مقدار تقاضای آب برای هر یک از مناطق ترسیم می‌گردد. نمودار تابع تقاضای معکوس آب برای مناطق مختلف در شکل‌های ۳ تا ۶ نشان داده شده است.

در این مرحله، تابع تقاضای معکوس آب با برازش تابع مناسب بدست می‌آید. با مقایسه توابع مختلف، تابع غیرخطی نمایی با فرم کلی رابطه ۱۹ برای نواحی مختلف بدست آمده است. این تابع نشان دهنده ارزش اقتصادی هر متر مکعب از آب مصرفی در هر یک از مناطق می‌باشد (Walter and Kliioos, 2010).

$$\lambda_i = \exp((a_i - W_i)/b_i) \quad (19)$$

در این رابطه، λ_i تابع تقاضای معکوس آب، W_i مقدار آب در دسترس برای هر منطقه (متر مکعب) و ضرایب a_i و b_i ضرایب تابع تقاضای معکوس می‌باشند. ضرایب تابع تقاضای معکوس و ضریب برازش R^2 محاسبه شده برای هر ناحیه، در جدول ۵ آورده شده است. نتایج نشان دهنده برازش مناسب این تابع بر داده‌های محاسبه شده می‌باشد.

جدول ۵- ضرایب تابع تقاضای معکوس و ضریب برازش R^2

ناحیه	a_i	b_i	R^2
۱	7.74e7	7.03e6	0.84
۲	4.65e8	3.98e7	0.75
۳	5.24e6	4.54e5	0.96
۴	6.92e6	6.32e5	0.88

مدل غیرخطی تخصیص عمومی، مقادیر بهینه سطح اراضی هر محصول در هر منطقه و مقدار آب مورد نیاز هر منطقه بدست می‌آید. نتایج مقادیر بهینه سطح زیر کشت محصولات در جدول ۲ و مقادیر بدست آمده برای آب بهینه تخصیص یافته به هر محصول در هر منطقه در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۲- سطح زیر کشت بهینه محصولات در هر یک از مناطق حوضه بالخلی چای در تخصیص عمومی (هکتار)

ناحیه	گندم	سیب‌زمینی	جو	یونجه
۱	۱۰۰	۱۳۰۰	۵۰	۵۰
۲	۱۰۰۰	۴۶۵۹	۱۰۰	۷۰
۳	۳۰	۱۲۹	۱۵	۶
۴	۳۵	۱۹۲	۲۸	۵

جدول ۳- مقدار آب تخصیص یافته بهینه به هر هکتار از محصولات در هر یک از مناطق حوضه بالخلی چای در تخصیص عمومی (متر مکعب بر هکتار)

ناحیه	گندم	سیب‌زمینی	جو	یونجه
۱	۴۵۰۰	۶۴۹۸	۳۰۰۰	۶۶۶۳
۲	۴۵۰۰	۶۳۸۷	۳۰۰۰	۶۳۰۸
۳	۴۵۰۰	۶۴۹۶	۳۰۰۰	۶۶۶۳
۴	۴۵۰۰	۶۴۹۶	۳۰۰۰	۶۶۶۰

مقادیر آب تخصیص یافته به مناطق اردبیل، یامچی، سرعین و نیر در مرحله اول، بترتیب برابر ۹/۳۸، ۳۴/۵۵، ۱/۰۶ و ۱/۵۲ میلیون مترمکعب بدست آمده است. ارزش سایه‌ای هر منطقه از حل مدل ۱ به همراه محدودیت‌های معرفی شده، محاسبه می‌گردد. قیمت سایه‌ای آب در هر منطقه، از افزایش سود حاصل از یک واحد آب مازاد بر مقدار تخصیص یافته، بدست آمده است. نتایج ارزش سایه‌ای آب در هر یک از مناطق در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- قیمت سایه‌ای آب در مناطق مختلف حوضه بالخلی چای (ریال بر متر مکعب)

منطقه	۱	۲	۳	۴
قیمت سایه‌ای	۷۹۸۰	۸۴۳۱	۸۳۴۰	۶۵۴۱

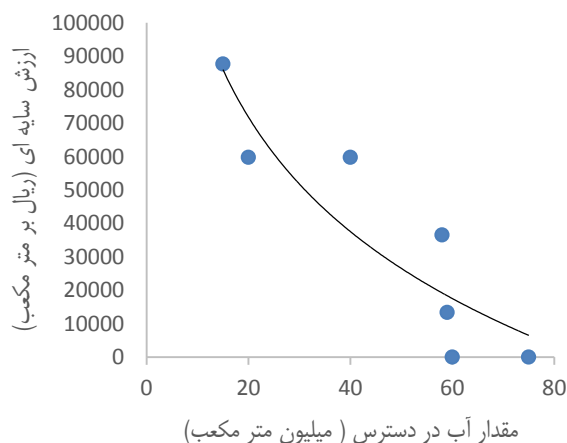
مبادلات (t_c)، برابر ۱۰ درصد هزینه تولید آب پیشنهاد شده است (Hearne and Easter, 1997, Zekri and Easter, 2005, Keramat Zadeh et al. 2013). در این تحقیق، مقدار t_c برابر ۱۰۰ ریال فرض شده است. هزینه تولید هر متر مکعب آب بر پایه اطلاعات اخذ شده از آب منطقه‌ای اردبیل در نظر گرفته شده است.

در ادامه، بعد از تشکیل ائتلاف‌های مختلف با استفاده از مقادیر تخصیص اولیه و توابع سود بازیکنان، تابع مشخصه ائتلاف‌ها محاسبه می‌گردد. با تشکیل ائتلاف‌ها، امکان مبادله آب در حالت‌های مختلف همکاری، بین مناطق فراهم می‌شود و سبب افزایش سود همه بازیکنان می‌گردد.

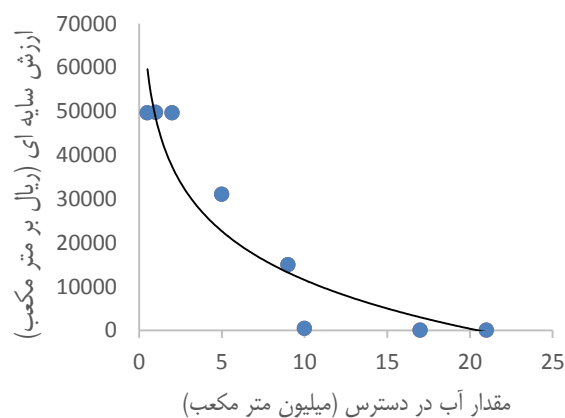
در مرحله بعد، تابع ارزش اقتصادی حاصل از مصرف آب مطابق رابطه ۲۰ برابر با مساحت زیر نمودار تابع تقاضای معکوس آب برآورد می‌گردد.

$$FS_i = \int_0^W \lambda_i dw = \int_0^W \exp((a_i - W_i)/b_i) dw \quad (20)$$

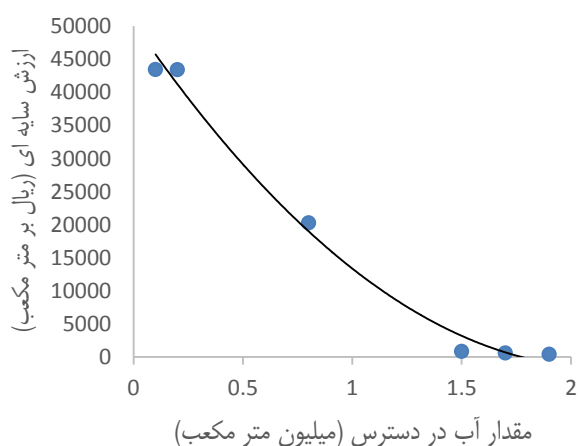
سطح زیر نمودار تقاضای معکوس آب، نشان دهنده سود اقتصادی حاصل از مصرف آب می‌باشد که براساس شکل‌های ۳ تا ۶ بیشترین مقدار سود مربوط به ناحیه ۲ و سپس بترتیب به ناحیه‌های ۱، ۳ و ۴ اختصاص می‌یابد. بر طبق مطالعه (Bagheri and Kiani, 2012)، هزینه مبادلات در بازار محلی آب اردبیل، به علت عدم دریافت وجهی جهت انجام مبادلات و تبادل اطلاعات بصورت فرد به فرد، اندک می‌باشد. در این تحقیق براساس نتایج مطالعات مختلف، هزینه



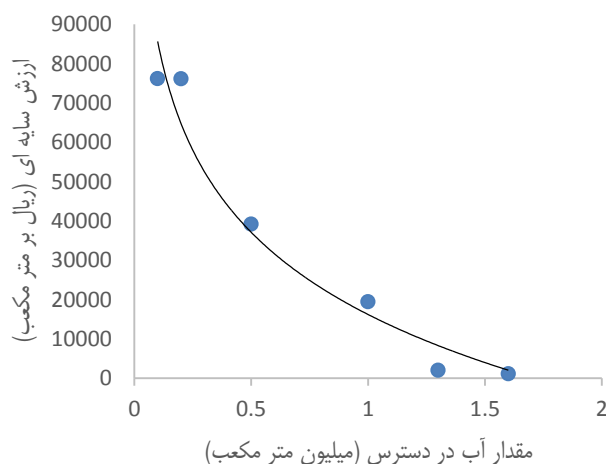
شکل ۲- تابع تقاضای معکوس آب در ناحیه (۲) حوضه بالخلی چای



شکل ۳- تابع تقاضای معکوس آب در ناحیه (۱) حوضه بالخلی چای



شکل ۴- تابع تقاضای معکوس آب در ناحیه (۴) حوضه بالخلی چای



شکل ۵- تابع تقاضای معکوس آب در ناحیه (۳) حوضه بالخلی چای

مقادیر سود اولیه در حالت نبود بازار در جدول ۷ آورده شده است. مقادیر حجم مبادلات، حبابه ذی‌نفعان و سود کلی سیستم بعد از بازتوزیع سودها، ثابت می‌ماند. سود حاصل از مصرف آب در حوضه بالخلی‌چای در شرایط فعلی برابر ۲۶۲۵ میلیارد ریال و در تخصیص عمومی برابر با ۳۰۷۳ میلیارد ریال می‌باشد که با برقراری بازار و بازتخصیص سودها در قالب بازی همکارانه و مفهوم ارزش شاپلی به مقدار ۳۳۴۳ خواهد رسید.

جدول ۶- ائتلاف‌های موجود و مقادیر تابع مشخصه در مدل حوضه بالخلی‌چای

شماره ائتلاف	اعضای ائتلاف	مقدار تابع مشخصه (میلیارد ریال)
۱	۱	۲۱۳/۹۰
۲	۲	۲۷۸۳/۹۰
۳	۳	۴۲/۳۲
۴	۴	۳۲/۷۲
۵	{۲و۱}	۳۲۲۸/۰۰
۶	{۳و۱}	۳۵۶/۶۰
۷	{۴و۱}	۳۴۷/۶۰
۸	{۳و۲}	۲۸۴۱/۷۰
۹	{۴و۲}	۲۸۵۷/۲۰
۱۰	{۴و۳}	۷۵/۰۴
۱۱	{۳و۲و۱}	۳۲۸۳/۱۰
۱۲	{۴و۲و۱}	۳۲۹۳/۳۰
۱۳	{۴و۳و۱}	۳۸۹/۸۶
۱۴	{۴و۳و۲}	۲۹۱۶/۲۰
۱۵	{۳و۲و۱و۳}	۳۳۴۲/۸۰

ائتلاف می‌تواند شامل هر یک از مصرف‌کنندگان به تنهایی یا ترکیبی از مصرف‌کنندگان و همچنین مشارکت کل بازیکنان باشد. ائتلاف‌های ۱ تا ۴، ائتلاف‌های فردی هستند و برای محاسبه مقادیر تابع مشخصه در حالت عدم همکاری، نتایج بدست آمده برای مقادیر تخصیص یافته به هر منطقه از مدل تخصیص عمومی استفاده شده است و ارزش اقتصادی حاصل از مصرف این میزان آب (رابطه ۱۱)، بعنوان تابع مشخصه ائتلاف‌های مختلف در نظر گرفته شده است. برای سایر ائتلاف‌ها، مقدار آب تخصیص یافته و ارزش اقتصادی از حل مدل ۱۲ به همراه قیدهای ۱۳ تا ۱۷ بدست آمده است. ائتلاف‌های ممکن در منطقه به همراه مقادیر تابع مشخصه هر ائتلاف در جدول ۶ مشخص شده است. نتایج بدست آمده، شرایط هسته بازی همکارانه را برآورده کرده است (Shapley, 1971). نتایج حاصل برای سود ذی‌نفعان در حالت مشارکت کلیه مناطق (ائتلاف کلی) در جدول ۷ آورده شده است. حجم مبادلات در شرایط وجود بازار آب نیز مطابق جدول ۸ بدست آمده است.

براساس نتایج حاصل از تخصیص بازار آب، سود کلی سیستم با برقراری بازار افزایش می‌یابد ولی سود بازیکنانی که به عنوان فروشنده در بازار شرکت می‌کنند، نسبت به تخصیص اولیه کاهش می‌یابد. برای برقراری عدالت و تشکیل بازار پایدار، با استفاده از ارزش شاپلی، سود حاصل از تشکیل بازار بین بازیکنان توزیع می‌گردد. با انجام این بازتوزیع، پرداخت‌هایی بین شرکت‌کنندگان صورت می‌گیرد. اگر شرکت‌کننده‌ای در ائتلاف سهمی کمتر از سهم اولیه خود دریافت کند، شرکت‌کنندگان دیگر ائتلاف موظف به پرداخت سود از دست رفته آن شرکت‌کننده می‌باشند. بعد از محاسبه تابع مشخصه همه ائتلاف‌ها، تخصیص مجدد سود بازیکنان با کمک ارزش شاپلی و براساس معادله ۱۸ تعیین می‌شود. مقادیر سودهای نهایی باز تخصیص یافته با استفاده از ارزش شاپلی در مقایسه با

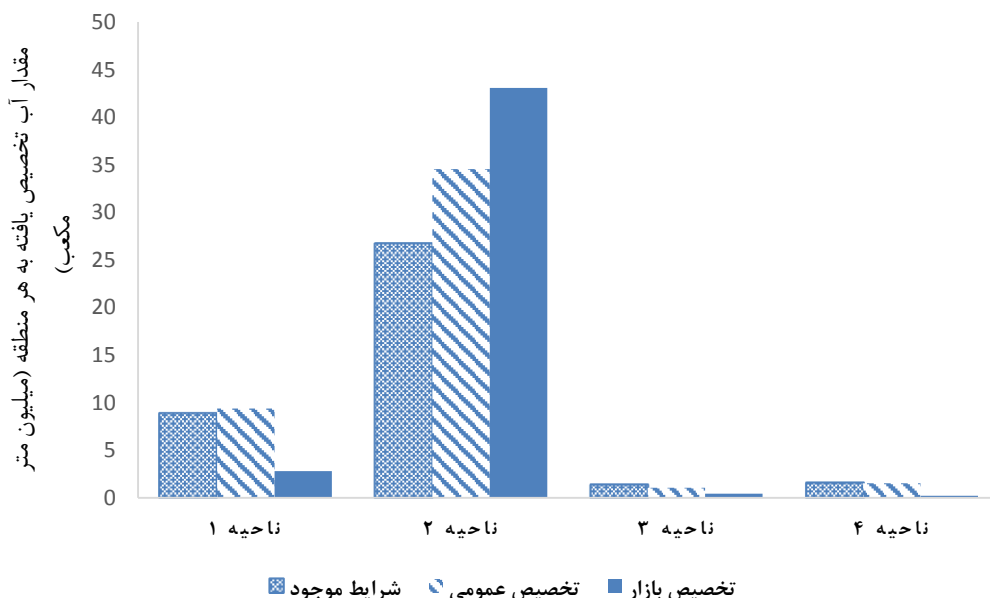
جدول ۷- سود حاصل از مصرف آب برای هر یک از مناطق در شرایط موجود، تخصیص عمومی، بازار آب و بازار آب با بازتوزیع سود (ارزش شاپلی) (میلیارد ریال)

ناحیه	شرایط فعلی	تخصیص عمومی	بازار آب	بازار آب با بازتوزیع سود (ارزش شاپلی)
۱	۲۰۴/۹۰	۲۱۳/۹۰	۱۹۲/۰۵	۳۴۸/۹۹
۲	۲۳۴۵/۲۰	۲۷۸۳/۹۰	۳۱۰۴/۶۰	۲۸۷۹/۷۱
۳	۴۱/۶۸۰	۴۲/۳۲	۳۲/۱۹	۵۶/۳۸
۴	۳۳/۱۱	۳۲/۷۲	۱۴/۰۰	۵۷/۶۸
مجموع	۲۶۲۴/۸۹	۳۰۷۲/۸۴	۳۳۴۲/۸۰	۳۳۴۲/۸۰

بازار مشارکت می‌نماید. مقادیر آب اختصاص یافته به نواحی (۱) تا (۴) بعد از ایجاد بازار آب با تشکیل ائتلاف کلی، برابر ۲/۸، ۴۳/۰۷، ۰/۴۳ و ۰/۲۱ میلیون مترمکعب خواهد بود.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله، تخصیص آب بین مناطق مختلف در حوضه آبریز بالخلی‌چای در استان اردبیل در دو چارچوب تخصیص عمومی و بازار آب بررسی شده است و مقادیر مبادله آب و پتانسیل اقتصادی بازار برای مناطق مورد بررسی، بدست آمده است. مجموع سود در شرایط نبود بازار برابر با ۳۰۷۳ میلیارد ریال می‌باشد که با انجام مبادلات به مقدار ۲۷۰ میلیارد ریال افزایش خواهد یافت و برابر ۳۳۴۳ میلیارد ریال خواهد شد.



شکل ۷- مقایسه حقایق هر منطقه در شرایط موجود، تخصیص عمومی و بازار آب در حوضه بالخلی‌چای (میلیون متر مکعب)

سطح زیر کشت محصولات کشاورزی در شرایط فعلی حوضه آبریز بالخلی‌چای ۷۳۱۰ هکتار می‌باشد که با بهینه‌سازی مدل تخصیص عمومی و اصلاح الگوی کشت به مقدار ۷۷۷۰ هکتار افزایش می‌یابد و با برقراری بازار آب، تا ۷۸۲۵ هکتار قابل افزایش می‌باشد.

به عنوان نتیجه‌گیری کلی، با ایجاد بازار آب در شرایط ائتلاف کلی مصرف‌کنندگان در حوضه بالخلی‌چای، ۱۸ درصد حقایقها مبادله می‌گردد. افزایش سود کلی کشاورزی بعد از تشکیل بازار آب در منطقه مورد مطالعه، در شرایطی حاصل شده است که ارزش سایه‌ای

در شکل ۷، مقادیر حقایق در شرایط موجود، تخصیص عمومی و تخصیص بازار آب مقایسه شده است. مقدار آب در دسترس در مدل بهینه‌سازی عمومی و بازار آب برابر آورد متوسط سالانه حوضه بالخلی‌چای در نظر گرفته شده است که از مقدار منابع آب فعلی (سال ۹۴-۹۳) بیشتر می‌باشد.

براساس نتایج بدست آمده، ناحیه (۲)، (منطقه یامچی) خریدار و نواحی دیگر فروشنده آب مازاد می‌باشد. نواحی (۱)، (۳) و (۴) که نسبت به ناحیه (۲) دارای ارزش سایه‌ای کمتر می‌باشند، به عنوان فروشنده در بازار شرکت می‌کنند. ناحیه (۱) اصلی‌ترین فروشنده آب بر اساس نتایج تخصیص می‌باشد. ناحیه (۲) بدلیل داشتن سطح اراضی بیشتر و کمبود آب و همچنین ارزش سایه‌ای آب بالاتر نسبت به سایر مناطق، خریدار آب می‌باشد. منطقه (۳)، نسبت به مناطق (۱) و (۴) دارای ارزش سایه‌ای بالاتری است و با حجم فروش کمتری در

جدول ۸- حجم مبادلات هر یک از مناطق در ائتلاف کلی (مترمکعب)

ناحیه	حجم آب فروخته شده	حجم آب خریداری شده
۱	۶۵۸۶۵۸۰	۰
۲	۰	۸۵۲۴۰۰۰
۳	۶۲۸۳۲۰	۰
۴	۱۳۰۹۱۰۰	۰

Aryan T (2008) The study on informal agricultural water market as a pilot. Iran Water Research Institute (In Persian)

Bagheri A, Kiani GH (2012) A survey of local water markets in Ardabil province. Ardabil Regional Water Company, Final Report (In Persian)

Bekchanov M, Bhaduri A, Ringler C (2015) Potential gains from water rights trading in the Aral Sea Basin. *Agricultural Water Management* 152:41-56

Cui J, Schreider S (2009) Modelling of pricing and market impacts for water options. *Journal of Hydrology* 371(1-4):31-41

Davis L, North D (1971) Institutional change and American economic growth, Cambridge University Press

Dinar A, Nigatu GS (2013) Distributional considerations of international water resources under externality: The case of Ethiopia, Sudan and Egypt on the Blue Nile. *Water Resources and Economics* 2-3:1-16

Garrido A (2000) A mathematical programming model applied to the study of water markets within the Spanish agricultural sector. *Annals of Operations Research* 94:105-123

Gómez-Limón J A, Martínez Y (2006) Multi-criteria modelling of irrigation water market at basin level: A Spanish case study. *European Journal of Operational Research* 173(1):313-336

Hearne R, Easter W (1995) Water allocation and water markets: an analysis of gains from trade in Chile. *World Bank Technical Paper*, No. 315

Hearne RR, Easter WK (1997) The economic and financial gains from water markets in Chile. *Agricultural Economics* 15:187-99

Jafreh M, Alizadeh S (2009) Investigating the role of market in water resources allocating. *Journal of Economic Sciences* 2(8): 79-95 (In Persian)

Keramat Zadeh A, Chizari AH, Sharzei GA (2013) Analysis the economic and social impacts of establishing water market in agricultural sector (a case study in downstream lands of Shirindareh dam of Bojnoord, Iran). *Journal of Economic Researches* 48(3):107-128 (In Persian)

Nikouei A, Najafi B (2011) Welfare effects of establishing agricultural water market in Iran case of irrigation networks in Isfahan. *Agricultural Economics and Development* 76:51-82 (In Persian)

Nouri Naeini S, Salahmanesh A (1994) Determining the shadow price of resources in agricultural sector

آب در مناطق مورد بررسی حوضه بالخلی‌چای دارای تفاوت اندکی می‌باشد. بنابراین برقراری بازار آب در حوضه‌هایی که ارزش سایه‌ای آب در نواحی مختلف حوضه، به علت تفاوت در الگوی کشت و دسترسی به منابع آب و سایر نهاده‌ها، دارای اختلاف بیشتری باشد، سبب افزایش بیشتری در سود منطقه خواهد شد. بر اساس نتایج عنوان شده، استفاده از مفهوم بازی همکارانه و تشکیل ائتلاف بین مصرف‌کنندگان، می‌تواند با بازتوزیع سود اقتصادی حاصل از تشکیل بازار، انگیزه ای برای ذی‌نفعان برای مشارکت در بازار فراهم سازد. دستیابی به چارچوبی جامع برای برقراری بازار آب نیازمند یک ساختار اجتماعی و اقتصادی کامل می‌باشد. توسعه بازارهای محلی، نیازمند بسترهای لازم می‌باشد و بازنگری در قوانین، لازمه تشکیل بازار می‌باشد. گسترش بازارهای محلی آب، باید با مشارکت دولت و بهره‌برداران و همکاری بخش خصوصی انجام گیرد و اصلاحات لازم سبب رقابتی‌تر شدن بازار و افزایش کارایی تخصیص و توزیع و همچنین سبب افزایش رفاه اقتصادی بهره‌برداران می‌گردد. بر اساس نتایج تحقیق حاضر، استفاده از بازی همکارانه برای بازتخصیص سود حاصل از انجام مبادلات نتایج پایداری را حاصل کرده است. در پایان پیشنهاد می‌گردد با انجام تحلیل حساسیت مدل نسبت به هزینه مبادلات، و همچنین بررسی عدم قطعیت‌های موجود در متغیرهای هیدرولوژیکی و اقتصادی، مدل جامع‌تری از تخصیص با وجود بازار آب بدست آورد. همچنین می‌توان برای محاسبه مقادیر تخصیص اولیه، از مدل‌های شبیه‌سازی نیز استفاده کرد.

پی‌نوشت‌ها

- 1- Water Market
- 2- Hedonic Price
- 3- Cooperative Game
- 4- Shadow Price
- 5- Centralized Modeling
- 6- Transaction Costs
- 7- Economic Value Function
- 8- Inverse Demand Function
- 9- Shapley Value

۷- مراجع

Abed-Elmdoust A, Kerachian R (2012) Water resources allocation using a cooperative game with fuzzy payoffs and fuzzy coalitions. *Water Resources Management* 26:3961-3976

ARWMC (2013) Portrait of Ardabil water resources (In Persian)

ARWMC (2015) Yamchi dam detailed report (In Persian)

- Walter T, Klioss J (2010) Improving water use efficiency under worsening scarcity: Evidence from the Middle Olifants sub-basin in South Africa. ZEF-Discussion Papers on Development Policy No. 143
- Wang Y (2012) A simulation of water markets with transaction costs. *Agricultural Water Management* 103(0):54-61
- Yang YCE, Cai X, Stipanovic DM (2009) A decentralized optimization algorithm for multiagent system-based watershed management. *Water Resources Research* 45(8):1-8
- Yousefi, A, Hassan-Zade M, Keramat Zade A (2014) The welfare effect of water market allocation in Iranian economy. *Iran-Water Resources Research* 10(1):15-26 (In Persian)
- Zarghami M (2015) Suggestion of efficient local water market structures for the Osku regions, East Azarbaijan, According national and international experiences. East Azerbaijan Regional Water Management Company. (In Persian)
- Zekri S, Easter W (2005) Estimating the potential gains from water markets: a case study from Tunisia. *Agricultural Water Management* 72(3):161-175
- (case study, villages of Khorasan). *Journal of economic research* 48:81-109 (In Persian)
- OhabYazdi SA, Ahmadi A, Nikouei A (2014) Employing economic instruments to increase water productivity: a case study, Zayandehrood river basin. *Iran-Water Resources Research* 10(1):63-72 (In Persian)
- Parhizkari A, Sabouhi M, Ziaei S (2013) Simulation of water market and analyzing effects of irrigation water sharing on crop pattern under water scarcity condition. *Journal of Agricultural Economics and Development* 27(3):242-252 (In Persian)
- Shahraki J, Dahmardeh M, Pour Kazemi MH, Nazeri MR (2013) Modeling valuation of agricultural water rights. *Journal of Agricultural Economics Researches* 5(1):101-120 (In Persian)
- Shapley LS (1971) Cores of convex games. *International Journal of Game Theory* 1:11-26.
- Soltani GR (1993) Water pricing and optimal water allocation in Durudzan dam, case study; Durudzan dam in Shiraz. *Proceedings of the Second Symposium on Agricultural Policy in Iran*. Shiraz (In Persian)