

## Assessment of Game and Bankruptcy Theories to Supply Environmental Water of Hawizeh Wetland

M.E. Banihabib<sup>1\*</sup> and S. Najafi Marghmaleki<sup>2</sup>

### Abstract

In the recent decade, the occurrence of regional dust storm which is partly originated from drying Mesopotamia Wetlands (especially Hawizeh Wetland) had significantly increased in west of Iran and caused a lot of problems in impacted areas. Dust storm is a cross-border phenomenon so an international solution is required to assess and control it. The aim of this study is to evaluate the use of cooperative (partial bankruptcy) and non-cooperative (Nash method) game theory in allocating Hawizeh Wetland environmental water right in different water allocation scenarios for Iran, Iraq and Turkey. The results indicated that the best option to encourage Turkey to release more water from the Tigris to provide environmental water rights of Hawizeh Wetland is Iran-Iraq coalition to reach an integrated political and economic agreement with Turkey. By comparing cooperative and non-cooperative methods, it was revealed that the non-cooperative method allocates larger shares of water to Iran compared to cooperative method. The proposed method of this paper can be used to evaluate supply of environmental water rights for trans-boundary waters.

**Keywords:** Bankruptcy Models, Dust storm, Game Theory, Hoor-Hawizeh, Wetland.

Received: February 13, 2017

Accepted: August 10, 2017

## ارزیابی نظریه‌های بازی و ورشکستگی جهت تأمین حقایقه زیست‌محیطی هورالهویزه

محمد ابراهیم بنی‌حیب<sup>۱\*</sup> و سجاد نجفی مرغملکی<sup>۲</sup>

### چکیده

در دهه اخیر، رخداد ریزگردها با منشأ خارجی در غرب و جنوب غرب ایران که بخشی از آنها مربوط به خشک شدن تالاب‌های بین‌النهرین به‌ویژه هورالهویزه می‌باشد، افزایش چشم‌گیری داشته و باعث بروز مشکلات فراوانی در مناطق تحت تأثیر شده است. با توجه به فرامرزی بودن پدیده ریزگردها راه‌حلی بین‌المللی برای مدیریت این مسأله ضروری است. هدف از تحقیق حاضر بررسی و ارزیابی روش‌های همکاریانه (نظریه ورشکستگی نسبی) و غیر همکاریانه نظریه بازی‌ها (روش حل اختلاف نش غیرممتقارن) برای بررسی شرایط تأمین حقایقه زیست محیطی تالاب هورالهویزه در سناریوهای مختلف تخصیص بین سه کشور ایران، ترکیه و عراق می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد گزینه برتر از بین راهکارهای موجود برای ترغیب ترکیه در جهت رهاسازی حجم بیشتری از آب دجله برای عراق و حقایقه هورالهویزه، تشکیل ائتلاف ایران با عراق و ترکیه برای یک توافق جامع سیاسی-اقتصادی جهت رعایت حقایقه زیست محیطی هورالهویزه است. با مقایسه دو روش همکاریانه و غیر همکاریانه مشخص گردید که روش غیر همکاریانه برای ایران سهم آب بیشتری را نسبت به روش همکاریانه در پی خواهد داشت. روش پیشنهادی این تحقیق می‌تواند در بررسی روش‌های تأمین حقایقه‌های زیست محیطی آب‌های مشترک بکار رود.

**کلمات کلیدی:** تالاب، ریزگرد، نظریه بازی، نظریه ورشکستگی، هورالهویزه.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۱۱/۲۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۵/۱۹

1- Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Aburairhan Campus, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: banihabib@ut.ac.ir

2- M.Sc. Student in Water Resource Engineering, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Aburairhan Campus, University of Tehran, Tehran, Iran.

\*- Corresponding Author

۱- دانشیار گروه مهندسی آبیاری زهکشی، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب، دانشگاه تهران.

\*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان پائیز ۱۳۹۷ امکانپذیر است.

اینجا ترکیه، عراق و ایران) در راستای تأمین حقایق زیست‌محیطی هورالهویزه فراهم می‌آورد که نتایج حاصل از آن می‌تواند در زمینه دیپلماسی آب ایران در راستای احیا بودن مستمر هورالهویزه استفاده شود. از این رو استفاده و اجرای نظریه بازی برای حل مشکل تأمین حقایق زیست‌محیطی تالاب مهم و کاربردی می‌باشد.

نظریه بازی انواع مختلفی دارد و در تخصیص منابع آب داخلی مورد استفاده قرار گرفته است. انتخاب نوع بازی، بسته به شرایط بازیکنان و موقعیت راهبردی آن‌ها دارد. در خصوص این پژوهش شرایط بازیکنان و موقعیت راهبردی آن‌ها به گونه‌ای است که نشان‌دهنده یک بازی غیر همکارانه در بین سه کشور ترکیه، عراق و ایران می‌باشد. این بدان معنا می‌باشد که ترکیه همواره از موقعیت بالادستی خود از منابع آب رودخانه دجله در حد ممکن استفاده می‌نماید و عراق نیز به خاطر موقعیت جغرافیایی هورالهویزه که در جنوب شرقی این کشور در مرز ایران و عراق قرار گرفته و خشک شدن این تالاب ریزگردی را برای آن به همراه ندارد، استفاده از منابع آب دجله را به احیا ماندن تالاب ترجیح می‌دهد. در این میان عمده خسارات وارده از خشک شدن هورالهویزه را ایران متحمل می‌شود؛ اما اگر شرایط به گونه‌ای رقم بخورد و بستر همکاری بین بازیکنان فراهم باشد، در قالب یک بازی همکارانه می‌توان از نظریه ورشکستگی برای تأمین حقایق زیست‌محیطی هورالهویزه با در نظر گرفتن نیازهای هر بازیکن استفاده کرد. در زمینه بازی‌های غیرهمکارانه در کشورهای مختلف تحقیقات زیادی صورت گرفته است. به‌عنوان مثال Kucukmehmetoglu and Gouldmen (2004) از یک مدل برنامه‌ریزی خطی به منظور تخصیص آب رودخانه‌های دجله و فرات به بخش‌های کشاورزی، آب شهری و همچنین برقایی بین کشورهای ترکیه، سوریه و عراق استفاده نمودند. سپس، از مدل خود جهت ارزیابی پیامدهای اقتصادی انواع استراتژی‌های همکارانه و عدم همکارانه که می‌تواند توسط هر یک از ذینفعان اتخاذ شود، بهره گرفته‌اند. در نهایت خروجی مدل آن‌ها، تخصیص عواید حاصل از همکاری بین بازیکنان برای مقادیر مختلف قیمت انرژی و نیز بهره‌وری اقتصادی می‌باشد. همچنین، Madani and Hipel (2007) به حل اختلاف کشورهای حاشیه رود اردن پرداخته‌اند. به علت افزایش جمعیت و رشد اقتصادی، تقاضای آب کشورهای حاشیه رود اردن افزایش یافته است. با افزایش تقاضا بین پنج کشور لبنان، سوریه، اردن، رژیم صهیونیستی و فلسطین مناقشه بر سر منابع مشترک ایجاد شده است که با استفاده از مدل GMCR به بررسی این اختلاف پرداخته شد. با توجه به روابط بحرانی سیاسی- اجتماعی بین کشورهای عربی و اسرائیل، نوع اختلاف غیر همکارانه است. روابط سیاسی کنونی بین کشورهای عربی و اسرائیل با تشکیل ائتلاف و اتحاد بین کشورهای عربی و از طریق مداخله شخص ثالث

تالاب بین‌النهرین<sup>۱</sup> با مساحتی بالغ بر ۹۰۰۰ کیلومتر مربع یکی از تالاب‌های بزرگ جهان می‌باشد که از سه تالاب اصلی هورمرکزی، هورالحمار و هورالهویزه تشکیل شده است (Zibanchi et al., 2009). در دهه‌های اخیر با اجرای طرح‌های متعدد سدسازی و شبکه‌های آبیاری زهکشی در کشورهای ترکیه، عراق و ایران و همچنین سیاست‌های غلط حکومت بعث عراق در بحث منحرف کردن آب رودخانه دجله، هورالهویزه از شرایط مطلوبی برخوردار نبوده و این تالاب که خود روزی منبع گیرش ریزگردها بوده در سال‌های اخیر به یک منبع تولید ریزگرد تبدیل و باعث بروز مشکلات اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و سلامت انسان در مناطق تحت تأثیر شده است؛ به طوری که بسیاری از استان‌های کشورمان تحت تأثیر این پدیده قرار گرفته‌اند. از این رو احیا هورالهویزه می‌تواند قسمتی از مشکلات مربوط به این پدیده را کاهش دهد. از طرف دیگر با توجه به محدود نبودن آثار پدیده ریزگرد به داخل یک کشور یا به عبارتی فرامرزی بودن اثرات جانبی آن، همکاری کشورهای درگیر این معضل برای مقابله و جلوگیری از وقوع آن ضرورت دارد (Taheri, 2014). عدم توجه به مسائل فوق، به خصوص فعالیت‌های سدسازی از دهه ۱۳۵۰ در کشورهای حوضه دجله و فرات در ایجاد پدیده ریزگرد و به وجود آمدن شرایط فعلی که بیشتر استان‌های غربی کشور را تحت تأثیر قرار داده مؤثر بوده است. از دیدگاه دیپلماسی کلاسیک، ایران به دجله و فرات توجه چندانی نداشته است. ولی از آنجایی که این دو رود شط‌العرب (اروندرو) را ایجاد می‌نمایند، ایران وارد عمل شده است. از نظر دیپلماسی کلاسیک ایران، اروندرو نه تنها یک منبع آبی مهم بلکه به‌عنوان یک مرز مهم آبی مدنظر بوده است. مسلماً با دید دیپلماسی کلاسیک، ایران نتوانسته است ادعایی برای ورود به مذاکرات در زمینه سیاست‌های اعمال شده در زمینه سدسازی در خاک ترکیه، سوریه و عراق داشته باشد؛ اما امروز تبعات گسترده زیست‌محیطی کنترل دجله و فرات توسط ترکیه، سوریه و عراق با بروز ریزگردهای مختل‌کننده در منطقه، لزوم ورود دیپلماسی ایران لااقل از دید زیست‌محیطی را در این زمینه نشان می‌دهد. یعنی در مورد دجله و فرات، سیاست و یا دیپلماسی محیط زیست اهمیت بیشتری از سیاست تأمین آب و حتی سیاست مرزی پیدا کرده است (Papoli and Vossughi, 2011). مسلماً در امور حقایق رودخانه‌های مرزی مذاکرات جهت وصول حقایق به‌تنهایی منتج به نتیجه مطلوب و پایدار نخواهد شد. وصول حقایق و توسعه پایدار مشارکتی منطقه‌ای باید توأم باشد (Papoli and Vossughi, 2011). در این راستا نظریه بازی در انجام این‌گونه تعاملات، گزینه مناسبی برای یافتن راهکار قابل پذیرش برای یک کالای کمیاب (در اینجا آب) بین بازیکنان (در

در هر صورت، هر دو تحقیق، از نظر ارائه روش تخصیص جدید منابع بین کشورهای مورد مناقشه ارزشمند بوده و استفاده از نتایج آنها در کنار نتایج تحقیق حاضر، برای کسب آمادگی جهت انجام دیپلماسی آب بین کشورهای ذینفع مفید می‌باشد.

بدین ترتیب و با این مقدمه، تحقیق حاضر تلاش دارد تا با بررسی روش‌های همکارانه و غیر همکارانه، شرایط مختلف را تحت سناریوهای متفاوت، در بازی سه کشور برای رهاسازی حقابه هورالهویزه از منابع آبی رودخانه دجله و کرخه برای جلوگیری از خشک شدن تالاب و تبدیل آن به یک منبع ریزگرد مورد ارزیابی و مقایسه قرار دهد. ارزیابی بازی همکارانه و غیر همکارانه بین سه کشور ترکیه، عراق و ایران بر روی منابع آب دو حوضه آبریز دجله و کرخه برای رهاسازی حقابه زیست‌محیطی هورالهویزه در جهت کنترل ریزگردها از نوآوری‌های این پژوهش به حساب می‌آید. لازم به ذکر است در این پژوهش سعی گردیده تا با تحلیل منابع و مصارف آب سه کشور در دو حوضه آبریز دجله و کرخه با در نظر گرفتن فرضیاتی که در ادامه ذکر گردیده، با استفاده از روش‌های تئوری حل اختلاف نش غیر متقارن و نظریه ورشکستگی منابع آب به‌گونه‌ای تخصیص یابد که حقابه زیست‌محیطی هورالهویزه رعایت شود. همچنین، بدیهی است که نحوه مذاکره و دادوستدی که باید در مذاکرات صورت پذیرد، الزاماً فقط آب نخواهد بود و ممکن است ابزارهای سیاسی - اقتصادی استفاده شود که خارج از موضوع تحقیق حاضر است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه این پژوهش شامل حوضه‌های آبریز دجله و کرخه و همچنین تالاب هورالهویزه می‌باشد که به ترتیب به تشریح آن‌ها پرداخته شده است. رودخانه دجله با ۱۸۰۰ کیلومتر طول از ارتفاعات ترکیه و کوه‌های جنوب ارمنستان سرچشمه می‌گیرد و به سمت جنوب شرقی عراق جریان پیدا می‌کند و با پیوستن به فرات، اروندرود را تشکیل داده و وارد خلیج فارس می‌شود (شکل ۱). مساحت حوضه آبریز دجله ۲۲۱۰۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد که از این مقدار ۱۹/۰ درصد در ایران، ۵۶/۱ در عراق، ۰/۴ در سوریه و ۲۴/۵ درصد ترکیه قرار دارد (Kumpel and Khalaf, 2013). مهم‌ترین سرشاخه‌های دجله عبارت‌اند از باتمن، بوتان، فیشخابور، زاب بزرگ، زاب کوچک، ادهیم، دیاله، طیب و دوبرج، (Kumpel and Khalaf, 2013). حوضه آبریز کرخه با مساحت ۵۱۴۰۰/۸ کیلومتر مربع، در موقعیت جغرافیایی ۴۶°۰۶' تا ۴۹°۱۰' طول شرقی و ۳۰°۵۸' تا ۳۰°۰' عرض شمالی واقع شده است. رودخانه کرخه از به هم پیوستن رودخانه‌های گاماسیاب،

یا ابزار زور ممکن است. (Zarezadeh et al. (2016 نیز با استفاده از رویکرد نظریه بازی به بررسی همکاری ایران و افغانستان در حوضه آبریز هیرمند جهت تخصیص آب بیشتر به محیط زیست و کنترل محصول خشکاش پرداختند. در این تحقیق تلاش شد تا با استفاده از نظریه بازی، نگاهی نو در تعاملات دو کشور مد نظر قرار گیرد. بدین ترتیب که با ارائه مشوق‌هایی از سمت ایران مانند انتقال تکنولوژی کشاورزی، میزان آب قابل دستیابی برای ایران افزایش و سطح زیر کشت خشکاش کاهش یابد. نتایج نشان داد که قیمت این محصول در تحقق این همکاری استراتژیک بسیار تعیین‌کننده خواهد بود، بطوریکه ظرفیت این نوع مشوق‌ها تا حدود ۲۷۷ دلار در کیلوگرم خشکاش کارایی دارد و با افزایش قیمت به‌شدت از این ظرفیت کاسته خواهد شد؛ اما، تأکید این تحقیق، لزوم تغییر مذاکرات دو کشور از صرف تنها آب به ترکیب مبحث آب و دیگر حوزه‌ها بوده که می‌تواند شرایط برد-بردی را برای دو کشور رقم زند. (Degefu et al. (2016 از ترکیب روش تئوری ورشکستگی با راه‌حل چانه‌زنی نش نامتقارن برای تخصیص آب در رودخانه‌های مرزی استفاده کردند. این روش بر روی رودخانه نیل اجرا گردید. نتایج نشان داد که از این روش می‌توان در مسائل مربوط به حل اختلاف رودخانه‌های مرزی استفاده نمود. همچنین، (Zarezadeh (2013 نیز برای حل اختلاف در تخصیص آب رودخانه قزل اوزون در بین هشت استان از رویکرد نظریه ورشکستگی با چهار روش  $P$ ،  $AP$ ،  $CEA$  و  $CEL$  استفاده نمود. نتایج نشان داد بهترین روش برای یک تخصیص منصفانه روش  $CEA$  می‌باشد. (Mianabadi et al. (2014 روش ورشکستگی جدیدی را برای مسائل مربوط به منابع آب مطابق با کنوانسیون ۱۹۹۷ مطرح نمودند و سپس این روش جدید را با چهار روش دیگر در حوضه آبریز فرات مقایسه نمودند. نتایج نشان داد راه‌حل جدید به طور دقیق‌تری مسائل مربوط به تخصیص رودخانه‌ها را تشریح می‌کند. (Mianabadi et al. (2015 راه‌حل جدیدی از ورشکستگی وزنی برای تخصیص منابع آب مرزی ارائه نمودند و آن را در حوضه آبریز دجله بین سه کشور ترکیه، عراق و سوریه مورد بررسی قرار دادند. سپس آن را با دیگر روش‌های بازی‌های همکارانه مقایسه کردند. نتایج نشان داد این قانون جدید در مسائل مربوط به تخصیص منابع آب مرزی می‌تواند تسهیل‌کننده مذاکرات برای حل مشکلات باشد. هرچند که هر دو تحقیق، گزینه‌های جدیدی برای مذاکره را مطرح می‌کنند ولی از آنجا که تخصیص آب به کشورها براساس مشارکت آنها در تأمین آب بوده و سرمایه‌گذاری کشورهای پایین‌دست که برای تأمین نیاز ساکنین انجام شده را در نظر نمی‌گیرد، مطمئناً با مقاومت کشورهای پایین‌دست در مذاکرات مواجه خواهد بود. همچنین، هر دو تحقیق، حقابه زیست محیطی را در تخصیص لحاظ نموده و تحقیق دوم سهم ایران در تأمین آب دجله از طریق حوضه‌های مرزی را نیز در نظر نگرفته است.

و  $f_i$  تابع هدف یا تابع مطلوبیت تصمیم‌گیرنده نام باشد. فضای هدف به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$H = \{u_i = f_i(x), \quad x \in X\} \quad (1)$$

همچنین فرض می‌شود که کلیه تصمیم‌گیرندگان در بیان تابع مطلوبیت خود، یک حداقل مطلوبیت را تعیین می‌کنند که مقادیر کمتر از آن برای تصمیم‌گیرنده به هیچ وجه قابل قبول نمی‌باشد. این مقدار از تابع هدف، نقطه عدم توافق نامیده می‌شود. اگر  $d_i$ ، نقطه عدم توافق برای تصمیم‌گیرنده نام باشد،  $\underline{d} = (d_1, d_2, \dots, d_n)$  بردار عدم توافق تصمیم‌گیرندگان نامیده می‌شود. نش ثابت می‌کند که اگر  $H$  محدب، بسته و محدود باشد در این صورت تنها یک جواب  $(\varphi(H, \underline{d}))$  برای مسأله حل اختلاف وجود خواهد داشت که از حل مسأله بهینه‌سازی زیر به دست می‌آید:

$$\text{Maximize: } \prod_{i=1}^N (f_i - d_i)^{c_i} \quad ; \quad c_i > 0 \quad (2)$$

$$\text{s. t: } \quad d_i \leq f_i \leq \bar{f}_i \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (3)$$

$$(f_1, \dots, f_n) \in H \quad (4)$$

در رابطه فوق  $\bar{f}_i$  حداکثر مطلوبیتی است که می‌تواند شامل بازیکن نام شود و همچنین توان‌های  $c_1, c_2, \dots, c_i$  نشان‌دهنده وزن نسبی مصرف‌کنندگان و قدرت نسبی تصمیم‌گیرنده‌ها می‌باشند.

قره‌سو، سیمره و کشکان تشکیل شده و به طول ۷۵۵ کیلومتر تا هورالعظیم ادامه دارد و سپس توسط اروندرود از هورالعظیم زهکشی شده و به خلیج فارس وارد می‌گردد (Behan Dam Consulting Engineers, 2012). هورالهویزه (هورالعظیم) در موقعیت طول جغرافیایی  $47^{\circ}30'$  تا  $48^{\circ}0'$  و عرض جغرافیایی  $31^{\circ}0'$  تا  $31^{\circ}50'$  در مرز ایران و عراق واقع گردیده است. مساحت این تالاب حدود ۳۰۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد که از این میزان حدود یک‌سوم آن در ایران قرار گرفته است که با نام هورالعظیم شناخته می‌شود (شکل ۱). منابع آبی تأمین‌کننده هورالهویزه (هورالعظیم) شامل انشعابات رودخانه کرخه (هوفل، نیسان و کرخه نور)، رودخانه طیب و دویرج از ایران و انشعابات دجله (که‌هلا و مشاره) از عراق می‌باشد (Banihabib et al., 2016).

## ۲-۲- معرفی مدل حل اختلاف

### ۲-۲-۱- تئوری حل اختلاف نش (Nash) غیر متقارن

تئوری حل اختلاف نش غیر متقارن یکی از روش‌های غیر همکارانه بازی‌ها می‌باشد و شامل شرکت‌کننده‌ها، نقاط عدم توافق و ریسکی که هر یک از شرکت‌کننده‌ها در فرآیند تصمیم‌گیری می‌پذیرند، است. شکل کلی تئوری نش در زیر ارائه شده است (Asgharpour, 2014). فرض کنید که  $n$  تصمیم‌گیرنده وجود دارند و  $X$  فضای تصمیم‌گیری

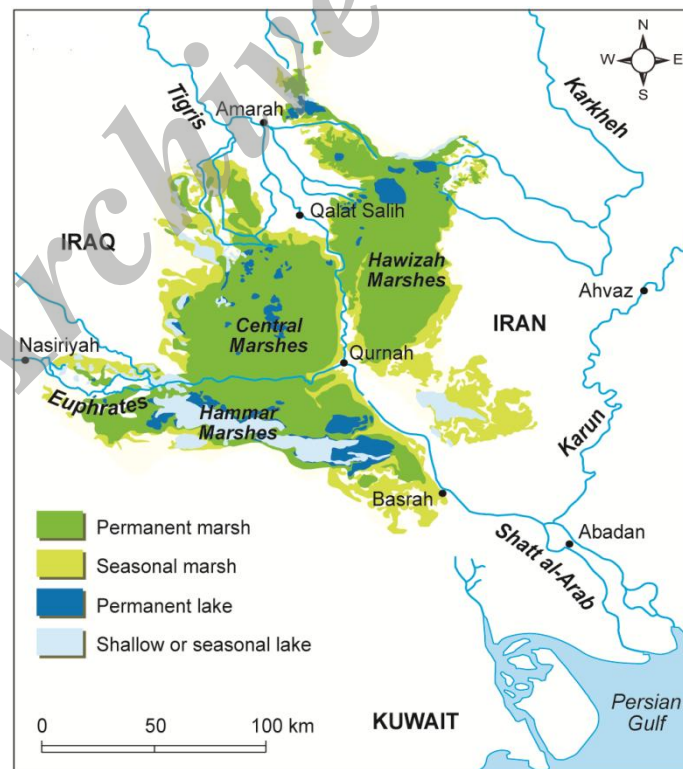


Fig. 1- Geographic location of Mesopotamian marshes (Rekacewicz, 2002)  
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی تالاب‌های بین‌النهرین (Rekacewicz, 2002)

می‌کنند، کشور سوریه نیز طی قراردادی که در سال ۲۰۰۲ با عراق منعقد کرد، سالانه ۱/۲۵ میلیارد متر مکعب از حجم آب دجله که توسط ترکیه برای عراق رها می‌شود را برداشت می‌کند که این میزان حجم آب به حداقل مطلوبیت عراق اضافه گردید (Kumpel and Khalaf, 2013). چون که عراق متعهد به اجرای قرارداد می‌باشد. لازم به ذکر است واحد تمامی پارامترهای موجود در مدل توسعه داده شده، میلیارد متر مکعب بر سال می‌باشد.

**Table 1- Annual minimum and maximum desirability of each player (BCM)\***

**جدول ۱- مقدار سالانه حداقل و حداکثر مطلوبیت هر بازیکن (BCM)\***

Minimum desirability ( $d_i$ )			Maximum desirability ( $\bar{f}_i$ )		
Turkey	Iraq	Iran	Turkey	Iraq	Iran
15.8	34.95	7.94	21.3	+ 24.4 (21.3 - $f_1$ )	9.25

\*(Bayazit and Avci, 2014; Atlas Iraq, 2011; Altinbilek, 1997; Taheri, 2014)

رودخانه دجله و سرشاخه‌های آن به‌طور متوسط، سالانه حدود ۴۸/۰۵ میلیارد متر مکعب آب دارد (Atlas Iraq, 2011). حجم آب سالانه دجله و سرشاخه‌های آن در ترکیه حدود ۲۱/۳ میلیارد متر مکعب می‌باشد (Bayazit and Avci, 2014). دولت ترکیه با احداث سدهای متعدد بر روی رودخانه دجله و سرشاخه‌های آن که تعداد عمده این سدها شامل پروژه GAP می‌باشد، برای کنترل و مصرف ۱۵/۸ میلیارد متر مکعب آن برنامه‌ریزی کرده است (Altinbilek, 1997). سرشاخه‌های رودخانه دجله در عراق به‌طور متوسط سالانه حدود ۲۴/۴ میلیارد متر مکعب آب وارد رودخانه دجله می‌کنند (Taheri, 2014). این مقدار حجم آب به‌اضافه‌ی مقدار آبی که ترکیه سالانه برای عراق رهاسازی می‌کند، حجم آبی است که عراق از دجله در اختیار دارد. به عبارت دیگر مقدار حجم سرشاخه‌های دجله در عراق و آن میزان آبی که ترکیه بعد از برداشت‌های خود از دجله برای عراق رها می‌کند، در مجموع حجم آب در اختیار عراق را تشکیل می‌دهد. حداقل مطلوبیتی که عراق خواستار آن می‌باشد، به اندازه میزان حجم فعال مخازن سدهای بهره‌برداری شده و در حال ساخت این کشور به‌علاوه مقدار آبی که سالانه از دجله در بالادست عراق برای سوریه لحاظ شده، می‌باشد. مجموع این مقادیر ۳۴/۹۵ میلیارد متر مکعب می‌باشد (Atlas Iraq, 2011). لازم به ذکر است که در حداقل مطلوبیت عراق، ظرفیت دریاچه ثرثار<sup>۵</sup> که برای انحراف سیلاب رودخانه دجله توسط بند انحرافی سامرا و کانال ثرثار صورت می‌گیرد، لحاظ نشده است. چون که هدف از احداث سد سامرا و کانال ثرثار، انتقال سیلاب‌های دجله در فصول پر بارش به دریاچه ثرثار و بازگرداندن آن به رودخانه

این مسأله به مسأله چانه‌زنی نش غیرممتقارن معروف است که در این پژوهش به‌عنوان تابع هدف مدل بهینه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است. متغیر اصلی در تابع هدف نش مقدار مطلوبیت مصرف‌کنندگان و ذی‌نفعان سیستم می‌باشد که در این مقاله مطلوبیت مصرف‌کنندگان، کمیت آب اختصاص یافته به آن‌ها می‌باشد.

## ۲-۱-۱-۱-۱ ساختار مدل بهینه‌سازی بهره‌برداری از رودخانه دجله و کرخه

در راستای تخصیص آب از رودخانه دجله و کرخه به هورالهویزه، تابع حل اختلاف نش غیرممتقارن به عنوان تابع هدف مدل با اجرای سناریوهای مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است. تابع هدف نش غیرممتقارن و محدودیت‌هایی که در مدل استفاده شده، در روابط (۵) تا (۹) ارائه شده است.

$$\text{Maximize: } (f_1 - d_1)^{c_1} * (f_2 - d_2)^{c_2} * (f_3 - d_3)^{c_3} \quad (5)$$

$$\text{s. t: } d_1 \leq f_1 \leq \bar{f}_1 \quad (6)$$

$$d_2 \leq f_2 \leq \bar{f}_2 \quad (7)$$

$$d_3 \leq f_3 \leq \bar{f}_3 \quad (8)$$

$$(E_{\text{Tigris}} + E_{\text{Karkhe}}) - (f_1 + f_2 + f_3) \geq \text{Env}_{\text{wetland}} \quad (9)$$

که در آن  $f_1$  مقدار آب تخصیص یافته به ترکیه،  $f_2$  مقدار آب تخصیص یافته به عراق،  $f_3$  مقدار آب تخصیص یافته به ایران،  $d_1$  حداقل مطلوبیت ترکیه از تخصیص آب،  $d_2$  حداقل مطلوبیت عراق از تخصیص آب،  $d_3$  حداقل مطلوبیت ایران از تخصیص آب،  $\bar{f}_1$  حداکثر مطلوبیت ترکیه،  $\bar{f}_2$  حداکثر مطلوبیت عراق،  $\bar{f}_3$  حداکثر مطلوبیت ایران،  $c_1$  قدرت نسبی ترکیه،  $c_2$  قدرت نسبی عراق،  $c_3$  قدرت نسبی ایران،  $E_{\text{Karkhe}}$  حجم آب رودخانه کرخه در طول سال،  $E_{\text{Tigris}}$  حجم آب رودخانه دجله در طول سال و  $\text{Env}_{\text{wetland}}$  حبابه زیست‌محیطی سالانه هورالهویزه می‌باشد که به صورت رابطه (۹) نشان داده شده است. به این صورت که مجموع برداشت‌های ترکیه، عراق و ایران از کل آب سالانه رودخانه‌های دجله و کرخه باید به گونه‌ای باشد که با انجام توافق جامع سیاسی-اقتصادی حبابه زیست‌محیطی هورالهویزه تأمین گردد. در مدل توسعه داده شده، حجم آب سالانه رودخانه دجله و کرخه به‌صورت میانگین درازمدت سالانه و همچنین حداقل مطلوبیت بازیکنان (ترکیه، عراق و ایران) از تخصیص آب، به‌صورت حجم فعال سدهای ساخته شده و در حال ساخت در نظر گرفته شد (جدول ۱). با این استدلال که هر سه کشور سدهای در حال بهره‌برداری و در دست ساخت خود را رها نمی‌کنند و درصد بالایی از مصارف کشاورزی، صنعت و شرب هر کشور از آب ذخیره شده در پشت سدها تأمین می‌شود. علاوه بر کشورهای ترکیه و عراق که از آب دجله برداشت

است یا به‌عنوان نمونه دیگر در سناریو S<sub>8</sub>، قدرت نسبی بازیکنان از تقسیم حجم آبی که در اختیار آن‌ها قرار دارد بر کل آب موجود به دست آمده است.

## ۲-۲-۲- نظریه ورشکستگی

مدل‌های ورشکستگی<sup>۶</sup> زیر مجموعه‌ای از بازی‌های همکاری می‌باشند که در مورد مسائلی که در منبع مورد تقسیم محدودیت وجود داشته باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرند. بنیاد این بازی‌ها بر این اساس گذاشته شده که مجموع سهم مورد تقاضای بازیکنان از منبع، از میزان در دسترس آن منبع، فزونی داشته باشند. به‌عبارت دیگر، در قالب کلی بازی‌های ورشکستگی، مقدار منبع جوابگوی تأمین تقاضای صاحبان سهم نخواهد بود. تئوری ورشکستگی شامل روش‌های مختلفی از جمله ورشکستگی نسبی (P)، ورشکستگی تعدیل‌شده (AP)، تالمود (Tal)<sup>۷</sup>، پینایل (Pin)<sup>۸</sup>، ورود تصادفی (RA)<sup>۹</sup>، قوانین اشتراک متناوب (SSR based on PRO)<sup>۱۰</sup> می‌باشد (Zarezadeh et al., 2013). در این پژوهش از روش‌های ورشکستگی نسبی (PRO)، ورشکستگی نسبی تعدیل‌شده (AP) و ورود تصادفی (RA) استفاده شد.

## ۲-۲-۲-۱- قانون ورشکستگی نسبی (PRO)

مشهورترین و ساده‌ترین روش از تئوری ورشکستگی، روش نسبت یا تناسب است (Zarezadeh et al., 2013). ضریب تخصیص در این روش طبق رابطه (۱۰) از حاصل تقسیم موجودی بر میزان ادعای مدعیان به دست می‌آید. بنابراین سهم همه ذی‌مدخلان با استفاده از رابطه (۱۱) با ضریبی یکسان از میزان نیاز آن‌ها محاسبه می‌شود:

$$\lambda = \frac{E}{D} \quad (10)$$

$$X_i = \lambda D_i \quad (11)$$

در این روابط E آب موجود، D مجموع کل نیازهای ذی‌مدخلان، X<sub>i</sub> سهم هر مدعی، λ ضریب تخصیص و D<sub>i</sub> میزان نیاز هر ذی‌مدخل می‌باشد.

دجله و فرات در زمان‌هایی که حجم آب دجله و فرات کم می‌باشد و پاسخگوی نیاز پایین‌دست نیست. حجم آب رودخانه کرخه در ایران به‌طور متوسط سالانه حدود ۶/۹ میلیارد متر مکعب می‌باشد، همچنین رودخانه سیروان و زاب کوچک که از ایران سرچشمه می‌گیرد و به رودخانه دجله در عراق تخلیه می‌شوند سالانه به‌طور متوسط ۴/۷ میلیارد متر مکعب در ایران آب دارند که از این میزان آب، ۵۰ درصد آن (حدوداً ۲/۳۵ میلیارد متر مکعب طبق قرارداد ایران و عراق در سال ۱۹۷۵) سهم ایران می‌باشد (Behan Dam Consulting Engineers, 2012). از این مقدار آب، ایران نیز با احداث سدهای متعددی بر روی رودخانه کرخه و سرشاخه‌های آن، برای کنترل و بهره‌برداری از ۷/۹۴ میلیارد متر مکعب آن برنامه‌ریزی کرده است. تالاب هورالهویزه که در مرز ایران و عراق مابین انتهای شاخه‌های دلتای شرق دجله و انتهای رودخانه کرخه قرار گرفته است طبق برآوردهای صورت گرفته در ایران و عراق، سالانه حدود ۷/۸۷ میلیارد متر مکعب حبابه زیست‌محیطی این تالاب می‌باشد که باید از طریق رودخانه کرخه و دجله تأمین گردد (Iraq, 2012; Behan Dam Consulting Engineers, 2008).

بر روی تابع نش غیرمتقارن همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود تعداد ۸ سناریو اجرا گردید. قدرت نسبی که در هر سناریو به بازیکنان (ترکیه، عراق و ایران) اختصاص داده شده، بر اساس احتمالاتی است که از جنبه مسائلی همچون موقعیت جغرافیایی بازیکنان و نفوذ سیاسی هر بازیکن، مبادلات اقتصادی فی مابین بازیکنان و مسائل مختلفی از این قبیل فرض شده است. علاوه بر این چون از قدرت نسبی بازیکنان اطلاعاتی موجود نیست و برای تعیین این پارامتر، فاکتورهای متعددی را باید بررسی کرد، به همین خاطر در این پژوهش حالت‌های مختلفی از نظر قدرت نسبی هر بازیکن در نظر گرفته شد و معادله نش غیرمتقارن تحت سناریوهای مختلف حل گردید. به‌عنوان مثال در سناریو S<sub>2</sub> قدرت نسبی ترکیه دو برابر ایران و عراق در نظر گرفته شده

Table 2- Matrix of different scenarios with relative strength of the players

جدول ۲- ماتریس سناریوهای مختلف با قدرت نسبی بازیکنان

		scenario							
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>
Relative strength of players	Turkey (c <sub>1</sub> )	1	2	1	1	2	1	2	0.39
	Iraq (c <sub>2</sub> )	1	1	2	1	2	2	1	0.44
	Iran (c <sub>3</sub> )	1	1	1	2	1	2	2	0.17

### ۲-۲-۲-۲-۲ قانون ورشکستگی نسبی تعدیل شده (AP)

بر اساس این روش ابتدا طبق رابطه (۱۲) یک مقدار تخصیص اولیه  $v_i$ ، به مدعی  $i$  از سوی سایر مدعیان واگذار می‌شود:

$$v_i = \text{Max} \left\{ 0, E - \sum_{j \neq i} D_j \right\} \quad (12)$$

$$X_i = v_i + (D_i - v_i) \left( \sum_{j \in N} (D_j - v_j) \right)^{-1} \left( E - \sum_{j \in N} v_j \right) \quad (13)$$

در روش AP برای تخصیص اولیه به فرد  $i$  ابتدا نیاز همه مدعیان غیر از فرد  $i$  برآورده می‌شود و باقیمانده به فرد  $i$  اختصاص داده می‌شود و چنانچه چیزی باقی نماند و یا مقدار باقیمانده منفی محاسبه شود، مقدار صفر به فرد  $i$  تخصیص داده می‌شود. از آنجا که این روش برای تعیین تخصیص اولیه مدعی  $i$  ابتدا سایر نمایندگان را در نظر می‌گیرد و اولویت را به آن‌ها می‌دهد، به تخصیص اولیه، حداقل مدعی  $i$  گفته می‌شود. تخصیص ثانویه با استفاده از ضریبی مشابه با روش نسبی محاسبه می‌شود. در این روش بعد از تخصیص اولیه، آنچه از دارایی کل باقی‌مانده است بر مجموع میزان تقاضای برآورده نشده، تقسیم می‌شود و عدد حاصل به عنوان ضریب در نظر گرفته می‌شود. بر اساس رابطه (۱۳) حجم کل آب تخصیص یافته به هر ذی‌مدخل مجموع تخصیص اولیه و ثانویه خواهد بود (Mirshafee, 2015).

### ۲-۲-۲-۳ قانون ورود تصادفی (RA)

در این قانون نوبت و ترتیب اعلام نیاز مدعیان مطرح می‌شود و نمایندگان به نوبت تمام درخواست خود را دریافت می‌دارند و این روند تا هنگامی که موجودی تمام شود ادامه پیدا می‌کند. در این روش در لحظه اتمام موجودی ممکن است بعضی از نمایندگان هیچ دریافتی نداشته باشند. از آنجا که برای ترتیب نوبت نمایندگان حالت‌های متفاوتی وجود دارد، این روش ابتدا برای تخصیص عادلانه، کلیه چینش‌های ممکن برای نمایندگان را در نظر می‌گیرد. سپس مطابق با رابطه (۱۴) از میانگین ریاضی به منظور تخصیص استفاده می‌کند (O'Neill, 1982).

$$RA_i(D, E) = \frac{1}{n!} \sum_{\pi \in \Pi} \text{Min} \{ D_i, \text{MAX} \{ 0, E - \sum_{j \in \pi[i]} D_j \} \} \quad (14)$$

همان‌طور که در تعریف مدل‌های ورشکستگی اشاره شد، اساس این روش‌ها بر پایه همکاری بین بازیکنان قرار دارد. در نگاه اول شاید این‌گونه به نظر برسد که با توجه به موقعیت بالادستی ترکیه در حوضه آبریز دجله و میزان حداقل مطلوبیتی که ترکیه و عراق از آب رودخانه دجله خواستار هستند، شکل بازی یک بازی غیرهمکارانه است، اما

بیشتر بودن میزان تقاضا از حجم آب در دسترس، به‌نوعی بیانگر یک مدل ورشکستگی می‌باشد که حل مسأله مطرح شده مستلزم همکاری بین بازیکنان است. در راستای تخصیص آب بین کشورهای ترکیه، عراق و ایران با فرض برقرار بودن یک بستر همکاری بین سه کشور و رهاسازی حبابه هورالهویزه از دو رودخانه دجله و کرخه، روش‌های ورشکستگی نسبی، ورشکستگی نسبی تعدیل شده (AP) و ورود تصادفی (RA) مورد استفاده قرار گرفته است. لازم به ذکر است میزان حجم کل آب موجود (E) برای تخصیص بین ترکیه، عراق و ایران به صورت رابطه (۱۵) می‌باشد.

$$E = (E_{Tigris} + E_{Karkhe}) - E_{Nweland} \quad (15)$$

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- نتایج مدل حل اختلاف نش غیرمقارن

در ابتدا، با جایگذاری مقادیر جدول ۱ در مدل بهینه‌سازی نش غیرمقارن (رابطه ۵) و با در نظر گرفتن قدرت نسبی یکسان برای بازیکنان ( $c_1, c_2, c_3 = 1$ )، تابع هدف نش غیرمقارن با استفاده از نرم‌افزار Solver حل شد که نتیجه آن عدم وجود نقطه تعادل نش برای تابع هدف بود. علت این امر بالا بودن حداقل مطلوبیت‌های بازیکنان حاضر در بازی می‌باشد. در این حالت برای داشتن نقطه تعادل در تابع هدف باید حداقل مطلوبیت بازیکنان کاهش یابد. با در نظر گرفتن این فرض، شرایط زیست‌محیطی، سه کشور را باید مجاب به رهاسازی حبابه زیست‌محیطی هورالهویزه کند و یک توافق‌نامه جامع سیاسی-اقتصادی برای تحقق این هدف بین سه کشور ایجاد گردد. با بررسی‌های صورت گرفته، تابع هدف بهینه‌سازی نش غیرمقارن در سطح ۷۳ درصد حداقل مطلوبیت بازیکنان، دارای نقطه تعادل می‌باشد که این سطح نزدیک‌ترین نقطه به حداقل مطلوبیت اولیه بازیکنان است (جدول ۳).

Table 3- New values for minimum player desirability (BCM)

	جدول ۳- مقادیر جدید حداقل مطلوبیت بازیکنان (BCM)	
	100 %	73 %
$d_1$	15.8	11.534
$d_2$	34.95	25.513
$d_3$	7.94	5.795
Balance point	No balance	balance point

با اعمال حداقل مطلوبیت‌های جدید بازیکنان و قدرت نسبی آن‌ها تحت سناریوهای  $S_1$  تا  $S_8$  در رابطه (۵) و حل آن، میزان تخصیص بهینه به هر بازیکن مطابق جدول ۴ به‌دست آمده است.

**Table 4- Optimal values for players in different scenarios (BCM)**  
**جدول ۴- مقادیر بهینه اختصاص داده شده به بازیکنان در سناریوهای مختلف (BCM)**

		Optimal values		
		(f <sub>1</sub> ) Turkey	(f <sub>2</sub> ) Iraq	(f <sub>3</sub> ) Iran
Scenarios	S <sub>1</sub>	12.946	26.926	7.208
	S <sub>2</sub>	13.652*	26.573	6.855
	S <sub>3</sub>	12.593	27.632*	6.854
	S <sub>4</sub>	12.593	26.573	7.914*
	S <sub>5</sub>	13.229	27.208	6.643
	S <sub>6</sub>	12.381	27.208	7.491
	S <sub>7</sub>	13.229	26.361	7.490
	S <sub>8</sub>	13.176	27.395	6.509

\*حداکثر مقدار بهینه هر بازیکن در سناریوهای مختلف

ترکیه در دست نمی‌باشد و این عامل وابسته به فاکتورهای متعددی در سطح بین‌المللی می‌باشد از این رو در این پژوهش سعی گردید حالت‌های مختلف از قدرت نسبی هر کشور مد نظر قرار گیرد و نتایج حل معادله نش غیر متقارن ارزیابی و ارائه گردد. در جدول ۵، درصد تأمین حداقل مطلوبیت اولیه هر کشور از حل معادله نش غیرمتقارن در سطح ۷۳ درصد حداقل مطلوبیت اولیه، نشان داده شده است. به این صورت که با حل تابع هدف مثلاً در سناریو S<sub>1</sub> میزان ۸۱/۹۴ درصد از مقدار حداقل مطلوبیت اولیه ترکیه (به جدول ۱ توجه کنید)، ۷۷/۰۴ درصد از مقدار حداقل مطلوبیت اولیه عراق و ۹۰/۷۹ درصد از مقدار حداقل مطلوبیت اولیه ایران تأمین گردیده است که بیشترین سطح از تأمین حداقل مطلوبیت اولیه ترکیه، عراق و ایران به ترتیب سناریو S<sub>2</sub>، S<sub>3</sub> و S<sub>4</sub> می‌باشد. با توجه به درصد حداقل مطلوبیت‌های تأمین شده برای سه کشور، همکاری ایران و عراق در سناریو S<sub>6</sub> در جنبه‌های مختلف اقتصادی - سیاسی علیه منافع ترکیه می‌تواند فشار را بر ترکیه بیشتر کند تا حجم آب بیشتری را برای پایین دست رها کند.

### ۳-۲- نتایج مدل‌های نظریه ورشکستگی

با فرض فراهم بودن یک بستر مناسب برای همکاری بین کشورهای ایران، ترکیه و عراق در راستای تأمین حقایق زیست‌محیطی هورالهویزه مدل نظریه ورشکستگی نسبی (PRO)، ورشکستگی نسبی تعدیل شده (AP) و ورود تصادفی (RA) با استفاده از اطلاعات موجود در جدول ۱ حل شد. به این صورت که در ابتدا حقایق زیست‌محیطی هورالهویزه از دو رودخانه کرخه و دجله رها شد و سپس میزان آب باقیمانده با استفاده از روش‌های نظریه ورشکستگی بین سه کشور تقسیم شد. نتایج به‌دست‌آمده از حل این توابع هدف در جدول ۶ ارائه شده است.

مقادیر تخصیص یافته بین بازیکنان در روش نش غیرمتقارن تحت سناریوهای S<sub>1</sub> تا S<sub>8</sub> مطابق جدول ۴ نشان می‌دهد که هر کشوری که در بازی دارای قدرت نسبی بیشتری باشد سهم آبی که نصیب آن می‌شود به حداقل مطلوبیت اولیه آن نزدیک‌تر است. مثلاً با مقایسه سناریو S<sub>1</sub> و S<sub>2</sub> می‌توان مشاهده کرد که چون در سناریو S<sub>2</sub> قدرت نسبی ترکیه دو برابر ایران و عراق فرض شده، پس سهم آب بیشتری نسبت به سناریو S<sub>1</sub> از منابع آب موجود برداشت می‌کند. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، بیشترین سهم آب را ترکیه در سناریو S<sub>2</sub>، عراق در سناریو S<sub>3</sub> و ایران در سناریو S<sub>4</sub> دارند. حتی سناریو S<sub>4</sub> نشان می‌دهد که در صورت دو برابر بودن قدرت نسبی ایران نسبت به ترکیه و عراق (که این قدرت نسبی می‌تواند شامل موقعیت جغرافیایی، قدرت اقتصادی، نفوذ سیاسی ایران در منطقه و جهان و یا حتی تجارت بین ایران و ترکیه باشد)، ایران می‌تواند سهم بیشتری از حداقل مطلوبیتی که مدنظر دارد، برداشت کند. همچنین سناریو S<sub>6</sub> نشان می‌دهد که اگر ایران و عراق بتوانند با همکاری یکدیگر در جنبه‌های مختلف (به عنوان نمونه کاهش مبادلات تجاری بین ایران - ترکیه و عراق - ترکیه) دست برتر را در بازی داشته باشند و قدرت نسبی آن‌ها مثلاً دو برابر ترکیه باشد، می‌توانند سهم بیشتری از آب برداشت کرده و به حداقل مطلوبیت موردنظر خود و شاید بیشتر از آن برسند. در سناریو S<sub>8</sub> قدرت نسبی هر کشور به‌صورت نسبت آب موجود هر کشور به کل آب در نظر گرفته شده است. همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده در این سناریو سهم آب عراق و ترکیه به علت در اختیار داشتن حجم بیشتری از آب، بیشتر بوده و سهم ایران کاهش یافته است. لازم به ذکر است قدرت نسبی که به هر سه بازیکن در سناریوهای مختلف داده شده به صورت فرضی بوده و هدف از آن بررسی شرایط و حالات مختلف برای حل معادله نش غیرمتقارن می‌باشد. به عبارت دیگر چون اطلاعاتی از قدرت نسبی ایران، عراق و



**Table 5- Minimum initial desirability of players in the Nash model (%)**

جدول ۵- درصد تأمین حداقل مطلوبیت اولیه بازیکنان در مدل

Scenarios	نش		
	Turkey	Iraq	Iran
S <sub>1</sub>	81.939	77.041	90.790
S <sub>2</sub>	86.406*	76.031	86.347
S <sub>3</sub>	79.703	79.063*	86.340
S <sub>4</sub>	79.704	76.030	99.689*
S <sub>5</sub>	83.727	77.849	83.647
S <sub>6</sub>	78.361	77.849	94.352
S <sub>7</sub>	83.727	75.425	94.348
S <sub>8</sub>	83.391	78.385	81.984

\*حداکثر درصد تأمین حداقل مطلوبیت بازیکنان در سناریوهای مختلف

\*Maximum value of the minimum initial desirability of players in different scenarios

مقدمه این پژوهش نیز اشاره گردید در بحث ریزگردها، ایران بیشترین خسارت را به دلیل موقعیت جغرافیایی هورالهویزه متحمل می‌شود پس سعی برای ایجاد یک بستر همکاری بین سه کشور می‌تواند نتیجه مطلوبی را برای ایران در بحث احیا ماندن هورالهویزه و کنترل بخشی از ریزگردها به همراه داشته باشد حتی اگر در این قضیه ایران سهم به مراتب کمتری از حداقل مطلوبیت مورد نظر خود بردارد. به عنوان نمونه، مشوق‌های پیشنهادی ایران برای عراق در راستای متقاعد کردن عراق برای همکاری در این زمینه می‌تواند تغییر الگوی کشت و ارائه تکنولوژی آبیاری باشد. به استناد مقاله (Beaumont 1998) میزان مصرف آب کشاورزی در عراق بین ۱۳۳۰۰ تا ۱۵۰۰۰ متر مکعب بر هکتار است که ایران می‌تواند با ارائه این قبیل خدمات عراق را متقاعد به رهاسازی حقایق هورالهویزه نماید. در مقابل ایران میزان کمبود منابع آب عراق را با ارائه تکنولوژی آبیاری نوین جبران نماید و همچنین میزان خسارت ناشی از مابه‌تفاوت سهم آب ایران در روش نظریه ورشکستگی و حداقل مطلوبیت ایران (جدول ۱) را از فروش تجهیزات آبیاری نوین به عراق جبران کند. همچنین، ایران می‌تواند برای متقاعد کردن ترکیه در راستای همکاری برای رهاسازی حقایق هورالهویزه به عنوان نمونه به همکاری‌های تجاری- اقتصادی سودآور در زمینه‌های مختلف با ترکیه روی آورد. لازم به ذکر است که در این قسمت از پژوهش با فرض ایجاد یک بستر مناسب همکاری و تعامل بین سه کشور ابتدا اطلاعات مورد نیاز در مورد منابع و مصارف آبی کرخه و دجله جمع‌آوری گردیده و سپس با در نظر گرفتن این فرض، از نظریه ورشکستگی برای تخصیص میزان آب باقیمانده بین عراق، ایران و ترکیه استفاده شده است. علاوه بر آن چگونگی ایجاد یک بستر همکاری بین سه کشور توسط ایران منوط به یک دیپلماسی قوی برای توافق جامع سیاسی- اقتصادی می‌باشد که در این پژوهش اهدافی که باید در این دیپلماسی از نظر میزان آب تخصیصی به هر کشور دنبال شود تعیین شده است.

در رابطه با مقایسه دو روش همکاری و غیر همکاری برای انتخاب مدل برتر در بازی مطرح شده در این پژوهش، با توجه به نتایج به دست آمده در جداول ۴ و ۶ می‌توان این گونه پاسخ داد که روش غیر همکاری برای ایران سهم آب بیشتری را نسبت به روش همکاری در پی خواهد داشت؛ اما اگر شرایط بازی به گونه‌ای رقم بخورد که راه حل بازی در گرو همکاری بین سه کشور باشد، باز هم ایران می‌تواند علاوه بر رسیدن به هدف خود که احیا هورالهویزه می‌باشد، میزان خسارت وارده از مابه‌تفاوت سهم آب به دست آمده در روش همکاری و حداقل مطلوبیت خود را از طریق فروش تکنولوژی و ادوات کشاورزی به عراق جبران کند؛ اما برای کشور عراق انجام یک بازی همکاری درصد مطلوبیت بیشتری را در بر خواهد داشت چون که عراق با قرار گرفتن

در این روش‌ها همان گونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، عراق سهم به مراتب بیشتری از روش حل اختلاف نش غیر متقارن بهره‌مند می‌شود که دلیل آن مبنای ریاضی نظریه ورشکستگی نسبی (PRO)، تعدیل شده (AP) و ورود تصادفی (RA) است که سهم هر کشور را به نسبت آبی که در اختیار دارد، در نظر می‌گیرد و عراق در بین سه کشور دارای بیشترین حجم آب می‌باشد؛ اما ایران در این روش‌ها به علت در اختیار داشتن حجم پایینی از کل آب موجود، از سهم به مراتب پایین‌تری نسبت به روش حل اختلاف نش غیر متقارن بهره‌مند می‌شود. با توجه به جدول ۷ و همان طور که از رابطه ریاضی روش ورشکستگی نسبی انتظار می‌رفت این روش به طور مساوی ۸۰ درصد از میزان نیاز هر کشور را به آن تخصیص می‌دهد. در این مطالعه، موجودی به میزان ۸۰ درصد از کل نیازها در دسترس بود؛ اما نتایج روش AP کمی متفاوت‌تر از روش PRO می‌باشد، در این روش تخصیص اولیه برای هر سه کشور محاسبه گردید، سپس تخصیص ثانویه بر اساس روش PRO به هر سه کشور اختصاص داده شده است و در نهایت سهم هر مدعی در این روش از مجموع دو تخصیص اولیه و ثانویه به دست آمد. روش AP تعدیل شده روش PRO می‌باشد به این صورت که در این روش برای کشوری که میزان نیاز بالاتری دارد حجم آب بیشتری در نظر گرفته می‌شود. به عنوان نمونه به کشور عراق در روش AP نسبت به روش PRO به دلیل بالا بودن میزان نیاز آن حجم آب بیشتری اختصاص داده شده است. در روش RA تمامی پیشنهادهای ایران، ترکیه و عراق ابتدا در نظر گرفته شد و حجم آب موجود در چینش‌های مختلف به کشورها اختصاص داده شد، سپس از احجام تخصیص داده شده به هر کشور در چینش‌های مختلف میانگین گرفته و میزان حجم تخصیص یافته و درصد تأمین شده از حداقل نیاز هر کشور به صورت جداول ۶ و ۷ ارائه گردید. همان طور که در بخش

بازی داشته باشند و قدرت نسبی آن‌ها دو برابر ترکیه باشد، می‌توانند سهم بیشتری از آب برداشت کرده و به حداقل مطلوبیت مورد نظر خود و شاید بیشتر از آن برسند. همچنین با مقایسه دو روش همکاری و غیرهمکارانه برای انتخاب مدل برتر در بازی مطرح شده در این پژوهش، با توجه به نتایج به دست آمده در جداول ۴ و ۶ مشخص گردید که روش غیرهمکارانه برای ایران سهم آب بیشتری را نسبت به روش همکاری در پی خواهد داشت؛ اما اگر شرایط بازی به گونه‌ای رقم بخورد که راه حل بازی در گرو همکاری بین سه کشور باشد، باز هم ایران می‌تواند علاوه بر رسیدن به هدف خود که احیا ماندن هورالهویزه می‌باشد، میزان خسارت وارده از مابه تفاوت سهم آب به دست آمده در روش همکاری و حداقل مطلوبیت خود را از طریق فروش تکنولوژی و ادوات کشاورزی به عراق جبران کند. همچنین مشخص گردید برای کشور عراق با توجه به شرایط فعلی این کشور بهترین سناریوی قابل اجرا می‌تواند سناریوی S6 که همان تشکیل ائتلاف با ایران برای تحت فشار قرار دادن ترکیه است، باشد. این پژوهش نشان داد که روش‌های همکاری و غیر همکاری در تئوری بازی‌ها می‌تواند در تخصیص حجم منابع موجود بین کشورهای ایران، عراق و ترکیه با رعایت حقابه هورالهویزه مفید و کاربردی باشند؛ اما مستلزم یک دیپلماسی قوی برای حصول به یک توافق جامع سیاسی- اقتصادی می‌باشد. در شرایط فعلی به علت برداشت بیش از اندازه حقابه زیست محیطی تالاب رعایت نمی‌شود؛ لذا در توافق جامع کشورها باید به دنبال مدیریت تقاضا از طریق تغییر الگوی کشت و نوسازی سامانه‌های آبیاری باشند. یعنی مشوق‌ها و محدودیت‌های تجاری در توافق جامع سیاسی و اقتصادی باید در راستای دو مورد (تغییر الگوی کشت و نوسازی سامانه‌های آبیاری) متمرکز شود تا نقطه ۷۳ درصد حداقل مطلوبیت برای داشتن جواب تعادل حاصل گردد. رویکرد پیشنهادی این تحقیق می‌تواند در بررسی تأمین حقابه‌های زیست محیطی آب‌های مشترک به خصوص در شرق کشور به کار رود.

#### ۵- تشکر

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از دکتر علی درویشی بلورانی عضو هیئت علمی دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران و همچنین مهندس عیاد (مشاور عراقی پژوهش) به جهت کمک‌های بی شائبه در جمع‌آوری اطلاعات در جهت انجام این پژوهش تشکر نمایند.

#### پی‌نوشت‌ها

- 1- Mesopotamian Marshes
- 2- Proportional
- 3- Adjusted Proportional
- 4- Constrained Equal Award

در پایین دست حوضه آبریز دجله از موقعیت استراتژیک ضعیفی برخوردار است و حل این مسأله به روش غیر همکاریانه نیازمند یک دیپلماسی قوی در سطح منطقه و جهان می‌باشد که متأسفانه عراق در شرایط فعلی از آن برخوردار نمی‌باشد؛ اما اگر شرایط بازی به گونه‌ای رقم بخورد که سه کشور به یک بازی غیر همکاریانه روی آورند، با این که بیشترین درصد مطلوبیت برای عراق در سناریو S3 رقم می‌خورد، اما با توجه به شرایط فعلی عراق، راهکار برتر قابل اجرا می‌تواند سناریوی S6 که همان تشکیل ائتلاف با ایران برای تحت فشار قرار دادن ترکیه در زمینه‌های مختلف تجاری- بازرگانی باشد. لازم به ذکر است که انتخاب روش همکاریانه یا غیر همکاریانه برای حل این مسأله نیازمند برآوردهای دقیق اقتصادی و ارزیابی سود و زیان هر کدام از این روش‌ها می‌باشد.

**Table 6- Allocated water to each player (BCM)**  
جدول ۶- میزان حجم آب تخصیص یافته به هر بازیکن (BCM)

	PRO	AP	RA
Turkey	12.67	11.48	11.31
Iraq	28.04	30.61	30.47
Iran	6.37	4.99	5.37
Sum	47.08	47.08	47.08

**Table 7- Supplied water to the minimum desirability of each player (%)**

جدول ۷- درصد تأمین شده از حداقل نیاز هر بازیکن

	PRO	AP	RA
Turkey	80	73.0	71.5
Iraq	80	87.6	87.2
Iran	80	63.0	66.8

#### ۴- نتیجه گیری

این تحقیق تلاشی است برای بررسی حالت‌هایی از همکاری و عدم همکاری ایران، عراق و ترکیه جهت تأمین حقابه زیست محیطی هورالهویزه از دو رودخانه کرخه و دجله برای جلوگیری از بخشی از ریزگردهای وارده به ایران. روش‌های حل اختلاف نش غیرمتقارن از زیرمجموعه بازی‌های غیر همکاریانه و روش ورشکستگی نسبی از زیرمجموعه بازی‌های همکاریانه در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. در روش حل اختلاف نش غیرمتقارن با قدرت‌های نسبی متفاوتی برای هر کشور تحت سناریوهای S<sub>1</sub> تا S<sub>8</sub>، میزان بهینه اختصاص داده شده به هر کشور در جدول ۴ ارائه و با یکدیگر مقایسه گردید. نتایج نشان داد که در سناریو S<sub>6</sub> اگر ایران و عراق بتواند با همکاری یکدیگر در جنبه‌های مختلف (به عنوان نمونه کاهش مبادلات تجاری بین ایران- ترکیه و عراق- ترکیه) دست برتر را در

- Nations Economic and Social Commission for Western Asia, Beirut, Lebanon, 127p
- Madani K, Hipel KW (2007) Strategic insights into the Jordan River conflict. World Environmental and Water Resources Congress Tampa, Florida, USA, May 15-19, 1-10
- Mianabadi H, Mostert E, Zarghami M, Giesen NVD (2014) A new bankruptcy method for conflict resolution in water resources allocation. *Journal of Environmental Management* 144:152-159
- Mianabadi H, Mostert E, Pande S, Giesen NVD (2015) Weighted bankruptcy rules and transboundary water resources allocation. *Water Resources Management* 29(7):2303-23021
- Mirshafee S, Ansari H, Mianabadi H (2015) Bankruptcy methods in transboundary rivers allocation problems case study: (Atrak river). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage* 9:594-604 (In Persian)
- O'Neill B (1982) A problem of rights arbitration from the Talmud. *Mathematical Social Sciences* 2:345-371
- Papoli M, Vossughi F (2011) A look at Iran water diplomacy hydrogeopolitic. Papoli Pub Co, Mashhad, Iran, p224 (In Persian)
- Rekacewicz P (2002) From wetlands to dry lands: the destruction of the Mesopotamian marshlands. *Collection Vital Water Graphics, UNEP/GRID-Arendal*, 168 tags
- Taheri A (2014) The study of political aspects of dust phenomenon in the south-west Asia. *Tarbiat Modares University, Tehran*, p92 (In Persian)
- UNEP H (2001) The mesopotamian marshlands: demise of an ecosystem. *Division of Early Warning and Assessment, United Nations Environment Program (UNEP) Nairobi, Kenya*, 46p
- Zarezadeh M, Madani K, Morid S (2013) Resolving conflicts over trans-boundary rivers using bankruptcy methods. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* 10(11):13855-13887
- Zarezadeh M, Madani K, Morid S, Fatemi F (2016) The strategic cooperation between Iran and Afghanistan in Helmand basin to allocate more water to environment and control opium cultivation using game theory approach. *Iran-Water Resources Research* 12(3):12-21 (In Persian)
- Zibanchi MH, Naseri A, Haghighifard N, Bina M (2009) Descriptions balance model qualitatively and quantitatively in determines wetlands water rights. In: 3rd Conference of Environmental Engineering, 7-8 Oct, Tehran, Iran (In Persian)
- 5- Constrained Equal Loss
- 6- Tharthar Lake
- 7- Bankruptcy Models
- 8- Talmud
- 9- Pinile
- 10- Random Arrival
- 11- Sequential Sharing Rules

## ۶- مراجع

- Altinbilek HD (1997) Water and land resources development in southeastern Turkey. *International Journal of Water Resources Development* 13:311-32
- Asgharpour M (2014) Group decision making and game theory in operation research. *University of Tehran Press, Tehran, Iran*, p418 (In Persian)
- Banihabib M, Najafi S, Tabari MM (2016) Assessment factor creation of dust in west and south Iran with focusing on the drying reasons hoor alazim and offering solutions for restore it, 6th National Conference on Water Resources Management. 20-22 Apr, Sanandaj, Iran 1-8 (In Persian)
- Bayazit M, Avci I (1997) Water resources of Turkey: potential, planning, development and management. *International Journal of Water Resources Development* 13:443-52
- Beaumont P (1998) Restructuring of water usage in the Tigris-Euphrates basin: the impact of modern water management policies. *Middle Eastern Natural Environment* 103:168-186
- Behan Dam Consulting Engineers (2012) Report of surface water of Karkhe Watershed. *Ministry of Energy-Water and Waste Water Planning Office, Tehran, Iran*, 315p (In Persian)
- Degefu DM, He W, Yuan L, Zhao JH (2016) Water allocation in transboundary river basins under water scarcity: a cooperative bargaining approach. *Water Resources Management* 30(12):4451-4466
- Department of Geographic Information Systems, Central Statistics Organization (2011) Iraq agricultural statistical atlas roadmap for agricultural development. *Ministry of Planning, Baghdad, Iraq*, 211p
- Iraq Nature (2008) Management plan for the Al-Hawizeh Marsh Ramsar site of Iraq. *Second Draft, Volume 2: Management Issues and Recommendation, Sulaimani, Iraq*
- Kucukmehmetoglu M, Guldmen J (2004) International water resources allocation and conflicts: the case of the Euphrates and Tigris. *Environment and Planning* 36(5):783-801
- Kumpel HJ, Khalaf R (2013) Inventory of shared water resource in western Asia: Tigris river basin. *United*