نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره4، جلد9، مهر - آبان 1394، ص. 604-594

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 9, Oct.-Nov. 2015, p. 594-604

روش‌های نظریه ورشکستگی در تخصیص منابع آبی مشترک (مطالعه موردی: رودخانه اترک)

سمیرا میرشفیعی[1]،حسین انصاری[2]، حجت میان آبادی[3*]

تاریخ دریافت: 1394/3/25 تاریخ پذیرش: 1394/7/29

چکیده

عدم مدیریت و حکمرانی صحیح و افزایش تقاضا برای بهره برداری بیش‌تر از منابع آب، سبب افزایش تنش بر سر منابع آبی مشترک است. در اکثر موارد، میزان آب در دسترس ازمیزان کل نیاز ذی مدخلان کم‌تر است و همین امر باعث ایجاد اختلاف میان آن‌ها می‌گردد. ارائه روشی مناسب جهت تخصیص عادلانه منابع آبی مشترک اقدامی مؤثر در زمینه مدیریت تضاد در چنین شرایطی است. تئوری ورشکستگی زیر مجموعه‌ای از نظریه بازی‌ها است که با روش‌های متعدد به بررسی مسئله بازتوزیع منابع مشترک محدود بین مدعیان می‌پردازد. در این مطالعه 6 روش از تئوری ورشکستگی: ورشکستگی نسبی[4] (PRO)، ورشکستگی تعدیل شده[5] (AP)، تالمود[6] (TaL)، پینایل[7] (Pin)، ورود تصادفی[8] (RA) و قوانین اشتراک متناوب (SSRbased on PRO)تشریح و کاربرد آن‌ها در بازتوزیع منابع آب مشترک بررسی شده است. محدوده مطالعاتی این تحقیق، حوضه آبریز اترک واقع در استان گلستان و متشکل از 5 منطقه است و بخشی از رودخانه با استفاده از تئوری ورشکستگی بین این مناطق تقسیم شده است.از آنجایی که هر کدام از روش‌های این تئوری، رویکردی متفاوت نسبت به مسئله عدالت دارند و هم‌چنین از قوانین ساده و قابل درکیبرای تخصیص استفاده می‌کنند، می‌توانند به عنوان شروعی برای مذاکره و تصمیم‌گیری نهایی بین ذی مدخلان به کار گرفته شوند. در این مطالعه با استفاده از قانون تعدد،روش‌هایPRO،AP،RA، Pin به‌عنوان روش‌های مناسب‌تر انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: تئوری ورشکستگی، تخصیص آب، رودخانه اترک،منابع آبی مشترک

مقدمه

با توجه به رشد روزافزون تقاضا و محدودیت منابع طبیعی به‌خصوص منابع آبی که گاهی دستخوش تغییرات زیست محیطی هم می‌شوند، توانایی ملت‌ها برای حل صلح‌آمیز کشمکش‌های بین‌المللی بر سر مسئله پیچیده توزیع آب، عاملی مهم در ثبات و امنیت روابط بین المللی خواهد بود (Mostert, 2003).از کل آب موجود در جهان، 5/97 درصد آن شور، 1/75درصد به صورت پهنه‌های یخی و فقط حدود 0/007درصد آن قابل استفاده است که این مقدار معادل 13500 کیلومتر مکعب است.

با افزایش نیاز و تقاضا آبی، رقابت برای استفاده بیش‌تر از منابع محدود آب گسترش می‌یابد. عدم حکمرانی صحیح و سوءمدیریت به همراه افزایش نیاز آبی، زمینه را برای ایجاد درگیری میان کشورهای دارای منابع آبی مشترک مهیا می‌کند. عموماً کشورهای بالادست حق حاکمیت منابع آب را برای خود قائل هستند و به بهره‌داری بیش از حد منابع آب بدون توجه به حقوق کشورهای پایین‌دست می‌پردازند و در مقابل کشورهای پایین‌دست خواستار مدیریت یکپارچه منابع آب بوده و نسبت به تأثیر بالادست بر کیفیت و کمیت منابع آب معترض هستند (Espey & Towifique, 2004). هر چند که در برخی حوضه‌ها از جمله نیل و آمودریا این مساله برعکس می‌باشد و این کشورهای پایین‌دست هستند که حق حاکمیت منابع آب را برای خود قائل هستند.در این شرایط نیاز برای مدیریت کارآمد منابع آبی برای حفظ امنیت و پایداری بیش‌تر احساس می‌شود. اهمیت این مسئله هنگامی بهتر مشخص می‌شود که بدانیم 276حوضه مشترک بین‌المللی در دنیا وجود دارد که 147 کشور در آن‌ها با هم اشتراکدارند (De Stefanoet al., 2012).همچنین حدود 40% جمعیت جهان دراین حوضه‌ها که حدود 60% آب‌های شیرین جهان را تشکیل می‌دهند، سکونت دارند (Wolf et al., 1999,2002). در قرن بیستم

1- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
2- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
3- دانشجوی دکتری مدیریت منابع آب دانشگاه صنعتی دلفت هلند
(*- نویسنده مسئول: (Email: h.mianabadi@tudelft.nl

4- Proportional
5- Adjusted proportional
6-Talmud
7- Pinile
8-Sequential sharing rules

به منظور مدیریت حوضه‌های آبریز مرزی مشترک، 145 توافقنامه بین‌المللی منعقد شد که 50 درصد آن‌ها درباره مسئله تخصیص آب است (Wolf, 1998).

کشور ایران نیز با کشورهای همسایه خود دارای مرزهای آبی متعددی می‌باشد. از آن جمله می‌توان رودخانه هریرود و هیرمند در شرق کشور (هریرود مشترک با ترکمنستان و افغانستان و هیرمند مشترک با افغانستان و پاکستان)، اترک در شمال شرق و مشترک با ترکمنستان، اروند در جنوب غرب مشترک با عراق را نام برد. لذا با توجه به خشک و نیمه خشک بودن همه این کشورها و نقش حیاتی آب در توسعه آن‌ها، پرداختن به مسائل مدیریت منابع آبی مشترک خصوصاً تخصیص عادلانه می‌تواند ضمن تأمین منافع کشورهای ذی‌مدخل از بروز تنش‌های احتمالی جلوگیری کند.تئوری ورشکستگی که رویکردی ازنظریه‌بازی‌های همکارانه است، یکی از روش‌های حل این گونه تضادها است. در واقع ورشکستگی در تخصیص منابع مشترک به معنای کم‌تر بودن حجم موجودی نسبت به درخواست‌های ذی‌مدخلان است.

نظریه ورشکستگی زمانی مطرح می‌شود که دارائی مشترک و قابل تقسیم(E) بخواهد بین نمدعی با میزان ادعایc_iتقسیم شود به طوری که میزانEکم‌تر از مجموع ادعای مدعیان(C) باشد (Herrero and Villar, 2001). این مساله مشابه زمانی است که فردی ورشکست شده است و دارائی‌هایش از میزان طلبش کم‌تر است، در این هنگام نحوه تقسیم عادلانه و منصفانه دارایی باقیمانده بین طلبکاران حائز اهمیت خواهد بود.

تئوری ورشکستگی نخستین بار توسط (O'Neill , 1982)و سپس (Aumann & Maschler, 1985)مطرح شد. آیوجا و همکارانموجودی قابل تقسیم، مدعیان و سهم هر مدعی را در قالب یک شبکه‌ی جریان تعریف کردند. طبق تعریف آن‌ها، شبکه استاندارد جریان،شبکه‌ای با دو نوع گره منبع و گره خروجی است. این گره‌ها با کمان‌هایی به هم وصل می‌شوند که برای هر کدام از این کمان‌ها میزانی از جریان در نظر گرفته شده است،در نهایت شبکه با گرافی از جریان نمایش داده می‌شود. در شبکه جریان، گره منبع به عنوان کل موجودی است که باید تقسیم شود، گره‌های خروجی اختصاص به مدعیان دارد و جریان به عنوان پرداخت به هر مدعی در نظر گرفته می‌شود (Ahuja et al.,1993).کامینسکی مسئله گردش حداقل هزینه در پژوهش عملیاتی را به عنوان یک شبکه دارای جریان در نظر گرفت و چگونگی کاربرد تئوری ورشکستگی در شبکه جریانرا نشان داد (Kaminski, 2000). مسئله تخصیص آب یک رودخانه نمونه خاصیاز شبکه جریان است که می‌توان آن را در قالب یک مسئله ورشکستگی تعریف کرد (Ambec and Sprumont, 2002).

مجموعه ای از قوانین ورشکستگی توسط (Bosmans and Lauwers, 2011) شرح داده شد و سپس بر اساس معیار لورنز مرتب گردید. معیار لورنز قوانین را بر اساس آن که به نفع نیازهای کوچک و یا نیازهای بزرگ است، طبقه‌بندی می‌کند.گالاستگو و همکاران (2012)مسئله ماهیگیری را به عنوان یک مسئله ورشکستگی در نظر گرفتند. ورشکستگی در این موضوع به معنای کمتر بودن تعداد مجوز ماهیگیری نسبت به تقاضای آن در سال‌های 1993 تا 1995 بود. در این تحقیق سه روش ارزش شاپلی، روش نوکلئولوس و ورشکستگی نسبی با هم مقایسه شد. نتایج نشان داد که استفاده از مدل ورشکستگی در این مسئله مفید واقع شده است (Gallastegui et al., 2012)

زارع زاده و همکاران با استفاده از روش‌های قانون ورشکستگی نسبی (P)، ورشکستگی نسبی تعدیل شده (AP)، مقید به سود یکسان (CEA)، مقید به ضرر یکسان(CEL) که 4 روش شناخته شده‌ها تئوری ورشکستگی هستند، به تخصیص آب حوضه آبریزقزل اوزن– سفیدرودتحت سناریوهای مختلف بین استان‌های ذی‌مدخل، پرداختند و با استفاده از شاخص اکثریت روش برتر را در این مطالعه روش CEA معرفی کردند (Zarezadeh et al., 2012). شیخ محمدی و مدنی به منظور نمایش کاربرد تئوری ورشکستگی در تخصیص منابع طبیعی مشترک، با استفاده از روش‌های P، AP و CEA ذخایر نفت و گاز موجود در بستر دریای خزر را بین 5 دولت تقسیم کردند (Sheikhmohammady and Madani., 2008).

مدنی و زارع زاده کاربرد تئوری ورشکستگی را در حل مساله تضاد بین سه کشاورز بر سر آب یک چاه فرضی مشترک نشان دادند.آن‌ها با استفاده از قوانین ورشکستگی نسبی(P) ، ورشکستگی نسبی تعدیل شده(AP)، مقید به سود یکسان (CEA)، مقید به ضرر یکسان (CEL)، پینایل (Pinile) و تالمود (TAL) به تقسیم آب بین ذی مدخلان پرداختند (Madani and Zarezadeh., 2012).

انسینک و ویکارد با فرض اینکه کشورها و مدعیان در طول رودخانه به‌طور خطی قرار گرفته اند، مسئله تقسیم آب رودخانه را با روش‌های جدیدی از رویکرد ورشکستگی با عنوان اختصاری SSR، برای 2 نماینده حل کردند وآن رابه لحاظ ریاضی قابل تعمیم به نمایندگان بیش‌تری دانستند. آنهابا مقایسه این قانون با مهم‌ترین قوانین ورشکستگی(PRO ، Talmud، CEL، CEA) در 4گروه داده فرضی به این نتیجه رسید که روش‌هایSSRدر هنگام تخصیص رودخانه مرزی، سهم مشارکتی هر نماینده را در تأمین آب رودخانه در نظر می‌گیرند که این امر مهم‌ترین نقطه قوت این روش در مقایسه با سایر روش‌های ورشکستگی است (Ansink and Weikard.,2012).

میان آبادی و همکاران نیز روش جدیدی از ورشکستگی را به منظور بازتوزیع منابع آبی بر اساس دو معیار میزان مشارکت و نیاز آبی مدعیان ارائه کردند و آن را در بازتوزیع رودخانه فرات، مشترک بین سه کشور ترکیه، سوریه و عراق، به کار بردند. آن‌ها همچنین مزیت

این روش را نسبت به سایر روش‌های مرسوم ورشکستگی از جمله روش‌های PRO، CEA، CEL و SSR based on PRO بررسی کردند. نتایج آن مطالعات نشان داد که روش‌های PRO، CEA، CEL بدون لحاظ میزان مشارکت هر نماینده، فقط میزان نیاز آن‌ها را در نظر می‌گیرد و روش SSR based on PRO علی‌رغم آن که میزان نیاز و مشارکت را همزمان در نظر می‌گیرد، اما در همه حال نمایندگان پایین دست رودخانه نسبت به بالادست خود سهم بیش‌تری می‌برند که منصفانه به نظر نمی‌رسد(Mianabadi et al., 2014).

از آنجا که تعاریف مختلفی از مفهوم عدالت وجود دارد لذا روش‌های متعددی برای بازتوزیع منابع مشترک محدود بین مدعیان توسعه داده شده اند که هر یک ویژگی‌های خاص خودش را دارد. با توجه به دارا بودن مرزهای مشترک آبی با سایر کشورها و همچنین وجود حوضه‌های آبی که اغلب چندین ذی‌مدخل دارد، در این مطالعه ضمن بررسی مهم‌ترین روش‌های نظریه ورشکستگی، کاربرد آن‌ها در تخصیص و باز توزیع منابع آب مشترک در یک حوضه آبریز داخلی کشور بررسی شده است. به این منظور 5 منطقه از حاشیه اترک داخلی به‌عنوان مطالعه موردی در نظر گرفته شده و نتایج حاصل از اعمال هر یک از این روش‌ها با یکدیگر مقایسه گردیده است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه 6 روش از تئوری ورشکستگی شامل ورشکستگی نسبی (PRO)، ورشکستگی تعدیل شده (AP)، تالمود (TaL)، پینایل (Pin)، ورود تصادفی (RA)، قوانین اشتراک متناوب(SSR based on PRO) به همراه کاربرد آن‌ها در بازتوزیع منابع آب مشترک تشریح شده است.

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 (1)از حاصل تقسیم موجودی بر میزان ادعای مدعیان به دست می‌آید. بنابراین سهم همه ذی‌مدخلان با استفاده از رابطه (2) با ضریبی یکسان از میزان نیاز آن‌ها محاسبه می‌شود:

$$\lambda = E/C \quad (1)$$

$$x_i = \lambda c_i \quad (2)$$

در این روابط E کل موجودی،C مجموع کل نیازهای ذی‌مدخلان، x_i سهم هر مدعی، λ ضریب تخصیص و c_i میزان نیاز هر ذی‌مدخلی‌باشد.

قانون ورشکستگی نسبی تعدیل شده (AP)

بر اساس این روش ابتدا طبق رابطه (3)یک مقدار تخصیص اولیه (υ_i) ، به مدعی i از سوی سایر مدعیان واگذار می‌شود:

$$\upsilon_i = Max\{0, E - \sum_{j \neq i} c_j\} \quad (3)$$

$$x_i = \upsilon_i + (c_i - \upsilon_i)(\sum_{j \in N}(c_i - \upsilon_i))^{-1}(E - \sum_{j \in N}\upsilon_i) \quad (4)$$

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 الویت را به آن‌ها می‌دهد، به تخصیص اولیه، حداقل حق مدعی i گفته می‌شود. تخصیص ثانویه با استفاده از ضریبی مشابه باروش نسبی محاسبه می‌شود. در این روش بعد از تخصیص اولیه، آنچه از دارایی کل باقی مانده است بر مجموع میزان تقاضای برآورده نشده، تقسیم می‌شود و عدد حاصل به عنوان ضریب در نظر گرفته می‌شود. این ضریب در میزان نیاز باقی‌مانده هر فرد اعمال و تخصیص ثانویه مشخص می‌شود. بر اساس رابطه (4)حجم کل آب تخصیص یافته به هر ذی‌مدخل مجموع تخصیص اولیه و ثانویه خواهد بود(زارع زاده، 1389).

در ساختار دو قانون بعدی، قوانین CEA و CEL که از قوانین مشهور ورشکستگی هستند، به کار رفته است. ایده اساسی در روشCEA این است که میزان نیاز به صورت یکسان برآورده شود به طوری که میزانتخصیص یافته به هر فرد، از میزانیازش بیش‌تر نباشد (Ansink, 2009).زارع زاده (1389) گام‌های محاسبه روش CEA را به این ترتیب بیان می‌کند. در گام اول کم‌ترین درخواست مدعیان به عنوان تخصیص اولیه برای همه در نظر گرفته می‌شود و بعد از تأمین این درخواست، با حذف مدعی با حداقل تخصیص، این روند با سایر مدعیان ادامه پیدا می‌کنداین روش الویت تخصیص را به نمایندگان با نیاز کم‌تر می‌دهد، بنابراین این دسته از نمایندگان به سهم بیش‌تری از نیاز خود در مقایسه با سایرین دست پیدا می‌کنند. رابطه (5) نحوه تخصیص این روش را نشان می‌دهد.

$$x_i = Min(\lambda, c_i), \sum_{i \in N} Min(\lambda, c_i) = E \quad (5)$$

درروش CELسعی می‌شود که میزان کسری موجود، بین همه مدعیان به‌صورت یکسان تقسیم گردد. در این روش طبق رابطه (6) تفاضل مجموع درخواست‌ها با موجودی منبع محاسبه و بر تعداد مدعیان تقسیم می‌شود. مقدار حساب شده که در واقع ضرر یکسان محسوب می‌شود از کلیه درخواست‌های مدعیان کسر می‌گردد و به عنوان تخصیص هر مدعی در نظر گرفته می‌شود. قانون CEL الویت تخصیص را به نمایندگان با نیاز بیش‌تر می‌دهد.
(Herrero and Villar, 2001; Ansink and Marchiori, 2010)

$$x_i = Max(0, c_i - \lambda), \sum_{i \in N} Max(0, c_i - \lambda) = E \quad (6)$$

قانونپینایل(Pin)

ایـن قـانون را Piniles در سـال1861 ارائـه کـرد (Piniles, 1861).بر اساس این قانون میزان سهم تخصیص یافته به هـر مـدعی بر اساس روابط زیر محاسبه می‌گردد :

$$x_i \equiv CEA(\frac{c_i}{2}, E) \quad if \quad \frac{1}{2}C \geq E \quad (7)$$

$$x_i \equiv \frac{c_i}{2} + CEA(\frac{c}{2}, E - \frac{C}{2}) \quad if \quad \frac{1}{2}C \leq E \quad (8)$$

در قانون‌های Piniles وقتی 1/2C≥Eباشـد، موجـودی براسـاس قانون CEA تقسیم می‌شود و چنانچـه 1/2C≤Eباشـد ابتـدا بـه هـر مدعی به اندازه نصف نیازش تخصـیص داده مـی‌شـود، سـپس روش Pinile باقیمانده دارایی را با استفاده از قانون CEAتقسیم می‌کند. بـا توجه به این که در ساختار این قانون از روش CEAاستفاده می‌شـود، پیش‌بینی می‌شود در نهایت تخصیص به نفع نمایندگان با نیاز کـم‌تـر خواهد بود.

قانون تالمود (Tal)

این قانون توسط (Aumann and Maschler., 1985) معرفـی شد. اساس این روش بر این اصل است که اگرمیزان دارایی‌ها از نصف مجموع طلب‌ها کم‌تر باشد هیچ کدام از مدعیان بیشاز نیمی از میـزان نیازشان را دریافت نمی‌کندو بالعکس، اگر میزان دارایی‌هـا بـیش‌تـر از نصف مجموع طلب‌ها باشدهمه طلبکاران بیش‌تر از نیمـی از طلبشـان را دریافت می‌کنند.روابط (9) و (10) این قانون را شرح می‌دهند.

$$x_i \equiv CEA(\frac{c_i}{2}, E) \quad if \quad \frac{1}{2}C \geq E \quad (9)$$

$$x_i \equiv \frac{c_i}{2} + CEL(\frac{c}{2}, E - \frac{C}{2}) \quad if \quad \frac{1}{2}C \leq E \quad (10)$$

قانون ورود تصادفی(RA)

در این قانون نوبت و ترتیب اعلام نیاز مدعیان مطرح مـی‌شـود و نمایندگان به نوبت تمام درخواست خـود را دریافـت مـی‌دارنـد و ایـن روندتا هنگامی که موجودی تمام شـود ادامـه پیـدا مـی‌کنـد. در ایـن روشدر لحظه اتمام موجودی ممکن اسـت بعضـی از نماینـدگان هـیچ دریافتی نداشته باشـند. از آنجـا کـه بـرای ترتیـب نوبـت نماینـدگان حالت‌های متفاوتی وجود دارد، این روش ابتدا برای تخصیص عادلانه، کلیه چینش‌های ممکن برای نمایندگان را در نظر مـی‌گیـرد و سـپس مطابق با رابطه (11) از میانگین ریاضی به منظور تخصـیص اسـتفاده می‌کند(O'Neill,1982).

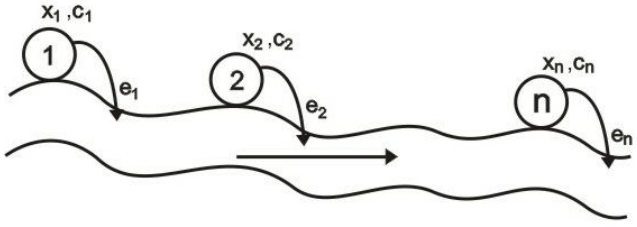
$$RA_i(c, E) = \frac{1}{n!} \sum_{\pi \in \Pi} \min\{c_i, \max\{0, E - \sum_{j \in \pi[i]} c_j\}\} \quad (11)$$

قوانین اشتراک متناوب(SSR based on PRO)

در هـیچ کـدام ازروش‌هـای شـرح داده شـده میـزان مشـارکت کشورهای ذی‌مدخل در منابع مشترک در نظر گرفته نشده اسـت کـه این امر عادلانه به نظر نمی‌رسد. به منظور حل این مشکل (Ansink and Weikard., 2012) روش‌هـایSSRرا بـرای تخصـیص آب رودخانهارائـه کـرد. در ایـن مطالعـه فقـط روش SSR based on PROمورد بررسی قرار می‌گیرد. فرض کنید n کشور (n≥2) در طـول یک رودخانه مرزی قرار دارند و کشـور 1 بالادسـت‌تـرین و کشـور n پایین‌دست‌ترین کشور در طول رودخانه باشد. شکل (1) مسأله تقسـیم رودخانه مرزی مشترک را نشان مـی‌دهـد. در ایـن شـکل، x_i میـزان تخصیص یافته کشورi، c_iنیاز هر کشور، e_i میـزان آب جـاری در هـر کشور و یا مشارکت آن کشور در تأمین جریان رودخانه است.

طبق رابطه (12) در این قانون، میزان کل آب در دسترس کشور i برابر است با مجموع آب جاری در قلمرو کشور i و آب مـازادی کـه از کشورهای بالادست وارد کشور iمی‌شود، میزان مازاد از تفاضل میـزان آب جاری و میزان آب تخصیص یافته به کشورهای بالادست محاسبه می‌شود:

$$E_i = e_i + \sum_{j \in U_i} (e_j - x_j) \quad (12)$$



شکل1- نمای شماتیک رودخانه و مدعیان ساحلی آن

U_i کشورهای بالادست کشور i هستند. بدیهی است برای کشور 1بالادستی وجود ندارد. بنابراین $E_i=e_i$، در گام بعدی پارامتر C_{Di}طبق رابطه (13) تعریف می‌شود که برابر است با مجموع اختلاف مقادیر نیاز کشورهای پایین دست با میزان آب جاری در آن‌ها که به معنای آن است که کشورهای پایین‌دست کشور i از کل آبی که دارند چقدر بیش‌تر توقع دارند.مجاسبه میزان C_{Di} برای همه کشورها از ابتدا میسر است. x_{Di}مجموع مازاد آب در کشورهای پایین دست است و در واقع مجموع اختلاف میزان آب موجود با میزان آب تخصیص داده شده به آن‌ها است این بدان معنا است که کشورهای پایین دست از کل آبی که دارند، چقدر بیش‌تر به آن‌ها تخصیص داده شده است. میزان x_{Di} بعد از آن که تخصیص به هر کشور نهایی شد، قابل محاسبه است.

$$C_{D_i} = \sum_{j \in D_i} (c_j - e_j) \quad (13)$$

$$E_i = x_i + x_{D_i} \quad (14)$$

طبق رابطه (14) حجم آب در دسترس کشورi برابر است با آب تخصیص داده شده به کشور i به‌اضافه آبی که به کشورهای پایین دست کشور i اختصاص پیدا کرده است. این روش مانند روش ورشکستگی نسبت تخصیص را از طریق ضریب مشخص می‌کند. ضریب تخصیص در قانون نسبیP از تقسیم کل موجودی به کل نیازها به دست می‌آید و یک عدد ثابت است اما در روش SSR based on PRO این ضریب برای هر کشور باتوجه به سهم مشارکت تعیین می‌شود. به‌عبارتی با افزایش سهم مشارکت ضریب تخصیص بزرگ‌تر می‌شود. λ ضریب تخصیص در این روش برابر است با :

$$\lambda = \frac{x_i}{c_i} = \frac{x_D}{c_D} = \frac{x_i + x_{D_i}}{c_i + c_D} \quad (15)$$

با توجه به دو رابطه اخیر داریم :

$$\lambda = \frac{E_i}{c_i + c_D} \quad (16)$$

برای کشور دوم از رابطه (12) میزان E محاسبه و ضریب تخصیص کشور دوم هم محاسبه می‌شود. این روند ادامه پیدا می‌کند تا سهم همه کشورها محاسبه شود. روش SSR based on PRO اگرچه میزان مشارکت همه ذی‌مدخلان را در نظر می‌گیرد اما دو مشکل اساسی دارد اول این که برای مسائلی مناسب هستند که ذی‌مدخلان از ترتیب خطی برخوردار باشند و در طول رودخانه به ترتیب قرار گرفته و دارای تقدم و تاخر باشند. بنابراین برای منابع آبی مشترک مثل چاه که ترتیب قرارگیری در طول یک خط برای آن‌ها مطرح نیست، مناسب نیستند. دوم این که این روش در تمام حالات میزانانیاز کشورهای پایین دست را بیش‌تر از کشورهای بالادست تأمین می‌کند.

مطالعه موردی

رودخانه اترک با داشتن 669 کیلومتر طول پنجمین رودخانه بلند ایراناست و به عنوان یکی از رودهای فصلی-سیلابی و بین‌المللی محسوب می‌شود.رودخانه اترک به‌دلیل شرایط جغرافیایی به 3 قسمت اترک داخلی، خارجی و اترک مشترک تقسیم‌بندی می‌گردد. محدوده رودخانه اترک داخلی با تقسیمات جدید کشوری صورت گرفته، در استان‌های خراسان رضوی، خراسان شمالی و گلستان می‌باشد. بنابراین هر سه استان در استفاده از آب این رودخانه اشتراک دارند که زمینه بروز اختلافاتی بر سر تقسیم آب شده است. براساس آمارهای رسمی کارشناسی، بیش از 62 درصد مساحت حوضه آبریز رود اترک در خراسان شمالی، حدود 31 درصد در استان گلستان و کم‌تر از هفت درصد از آن در استان خراسان رضویقرار دارد. با توجه به این که بخش کوچکی از حوضه رود اترک در خراسان رضوی جریان دارد، تقریباًاختلافی بین این استان و دواستان دیگر بر سر تخصیص آب وجود ندارد.

از آنجا که خراسان شمالی سهم بیش‌تری از مساحت و جمعیت کل حوزه را دارد، متناسب با این موضوع متقاضی دریافت سهم بیش‌تری از آب رودخانه است. با کاهشنزولات جوی عشایر این استان نمی‌توانند ذخیره آب داشته باشند و بهناچار از آب رودخانه استفاده می‌کنند.بنابراین در دوره‌های خشکسالی علاوه بر کشاورزوان و دامپروران، عشایر هم از این رودخانه برداشت خواهند کرد.از سوی دیگر استان گلستان رتبه چهارم تولید و پرورش ماهیان گرمابی کشور را دارد و در زمینه صنعت شیلات با تکیه بر پتانسیل‌های آبی موجود، اقدام به سرمایه گذاری‌های کلانی در این زمینه نموده است.عدم تخصیص حجم کافی در سال‌های اخیر، خارج شدن هزارها تن ماهی و در نتیجه خسارت مالی و بیکاری آبزی‌پروران را به دنبال داشته و باعث ایجاد نارضایتی شده است.

رودخانه اترک، یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب استان گلستان می‌باشد لذا در این مطالعه، محدوده‌ای از حوضه آبریز اترک با وسعت4600کیلومترمربع که در داخل استان گلستان قرار دارد، مورد بررسی قرار می‌گیرد. محدوده مطالعاتی از قازانقایه تا داشلی‌برون به 5 منطقه : قازانقایه تا مراوه تپه (منطقه1)، مراوه تپه تا هوتن(2)، هوتن تا چات(3)، چات تا ترشکلی(4)، ترشکلی تا داشلی‌برون(5) تقسیم شده است و ایستگاه‌های هیدرومتری قازان‌قایه، مراوه تپه، هوتن، چات مشترک و ترشکلی به‌عنوان ابتدا و انتهای هریک از مناطق اشاره شده در نظر گرفته شده است. شکل (1) محل تقریبی ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد (شرکت مهندسی مشاور طوس آب، 1388).

با توجه به نقش مهم رودخانه اترک در تأمین آب مورد نیاز این 5 منطقه، عدم تخصیص مناسب آب میان این مناطق ممکن است سبب ایجاد تنش و برخی درگیری‌ها در آینده گردد. در این مطالعه، این مناطق به عنوان مدعیان و حجم نیاز آبی بر اساس سطح زیر کشت هر منطقه، به عنوان میزان درخواست یا نیاز هر منطقه از آب رودخانه در نظر گرفته شده است. هم‌چنین حجم کل موجودی، همان میزان آبی است که برای نیاز آبی کل این 5 منطقه در نظر گرفته شده است.برای برآورد نیازها و میزان مشارکت مناطق از آمارهای موجود در ایستگاه‌های هیدرومتری، از سال 1345 تا سال 1385 به مدت 40 سال، استفاده شده است. در جدول (1)حجم آبی مشارکت و نیاز مناطق و در شکل (2) محدوده مورد مطالعه نشان داده شده است (شرکت مهندسی مشاور طوس آب، 1388).

مجموع کل نیاز مناطق(C)و مجموع کل موجودی به ترتیب 153/3 و 95/5 میلیون مترمکعب است.

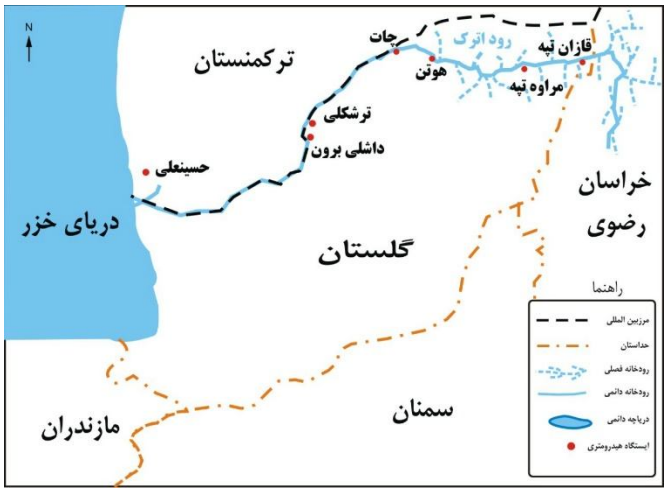
نتایج و بحث

میزان تخصیص هر منطقه با استفاده از روش‌های اشاره شده و روابط (1) تا (16) محاسبه و نتایج حاصل از روش‌های مختلف با یکدیگر مقایسه گردید. میزان حجم آب تخصیص یافته در جدول (2) و درصد نیازتأمین شده از درخواست هر مدعی در جدول (3) آورده شده است.در هر یک از نمودارهای شکل (3)، میزان حجم آب تخصیص داده شده به نمایندگان با استفاده از یک روش مشخص با یکدیگر مقایسه شده است. جدول (1)، (2)، (3) و شکل (4) مناطق به ترتیب موقعیت در طول رودخانه مرتب شده اند اما در شکل (3) مناطق بر اساس میزان نیازشان از کوچک به بزرگ مرتب شده اند.

جدول 1-حجم آبی مشارکت و نیازمناطق(MCM)

	نیاز مناطق	مشارکت مناطق
x_1	32/7	15/3
x_2	26/6	16/0
x_3	22/4	16/9
x_4	32/5	23/4
x_5	39/0	23/8
جمع	153/3	95/5

شرکت مهندسی مشاور طوس آب، 1388



شکل 2-محدوده رودخانه اترک در استان گلستان

جدول2- میزان حجم آب تخصیص یافته به هر منطقه

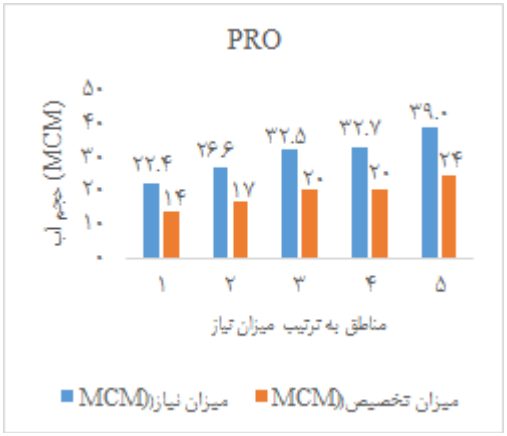
	PRO	AP	Pin	Tal	RA	SSR baesd on PRO
x_1	20	20	20	21	20	7
x_2	17	17	17	15	16	12
x_3	14	14	15	11	14	14
x_4	20	20	20	21	20	27
x_5	24	24	23	27	25	36
Total	95/5	95/5	95/5	95/5	95/5	95/5

جدول3- درصد تأمین شده از نیاز هر منطقه

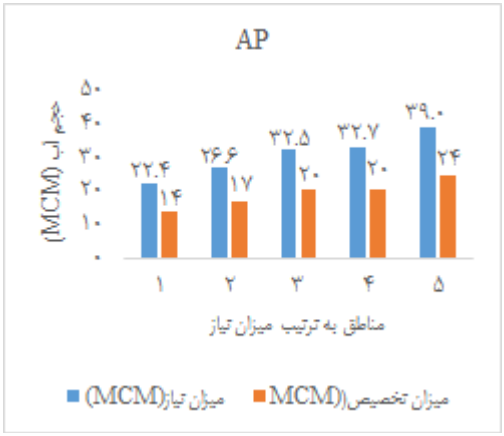
	PRO	AP	Pin	Tal	RA	SSR baesd on PRO
x_1	62	62	62	64	62	21
x_2	62	62	64	56	61	43
x_3	62	62	67	50	62	64
x_4	62	62	62	64	62	82
x_5	62	62	60	70	63	93

جدول (2) میزان تخصیص یافته به هر مدعی را نشان می‌دهد به منظور مقایسه بهتر روش‌ها جدول (3) تهیه شده است در این جدول درصد تأمین شده از نیاز هر کدام از مدعیان آورده شده است.با توجه به جدول (3) و همانطور که از رابطه ریاضی روش تناسب انتظار می‌رفت این روش به طور مساوی62 درصد از میزان نیاز هر نماینده را به آن تخصیص می‌دهد. در این مطالعه موجودی به میزان 62

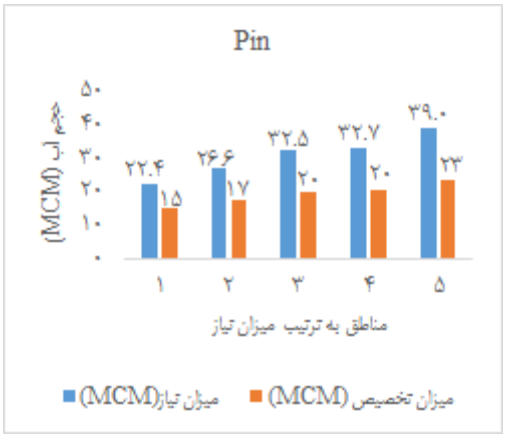
درصد از کل میزان نیازهـا در دسـترس بـود. نتـایج روش APمشـابه روش PROمحاسبه شدزیرا در این مثال نیازها و میزان موجـودی بـه گونه‌ای هستندکه تخصیص اولیه برای همه نمایندگان صفر محاسـبه شد. طبق روابط روش APتخصـیص ثانویـه بـر اسـاس روش PRO است و سهم هر مدعی در این مثال از مجمـوع دو تخصـیص صـفر و تخصیص محاسبه می‌گردد که با روش PRO یکسان می‌شود.



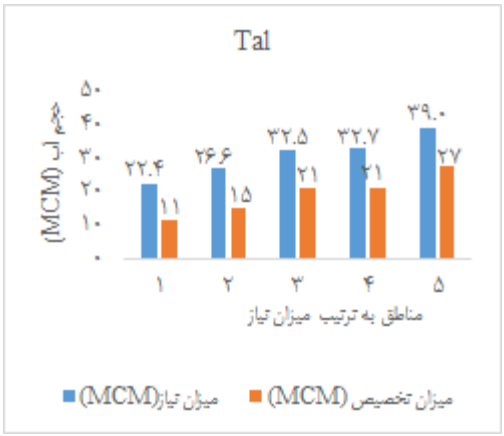
الف-3



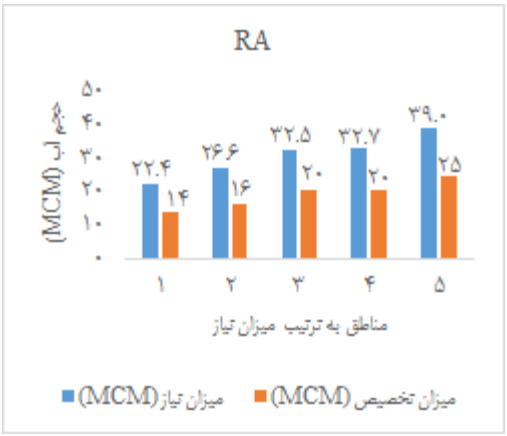
ب-3



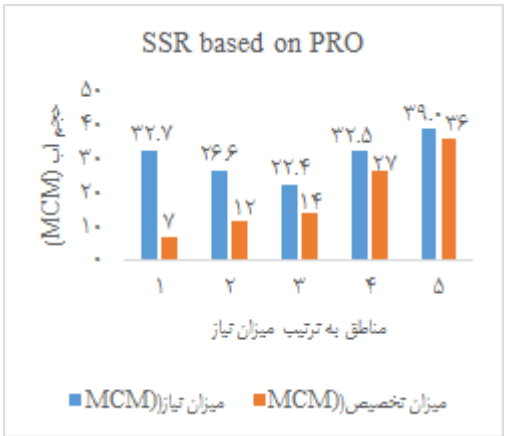
ج-3



د-3

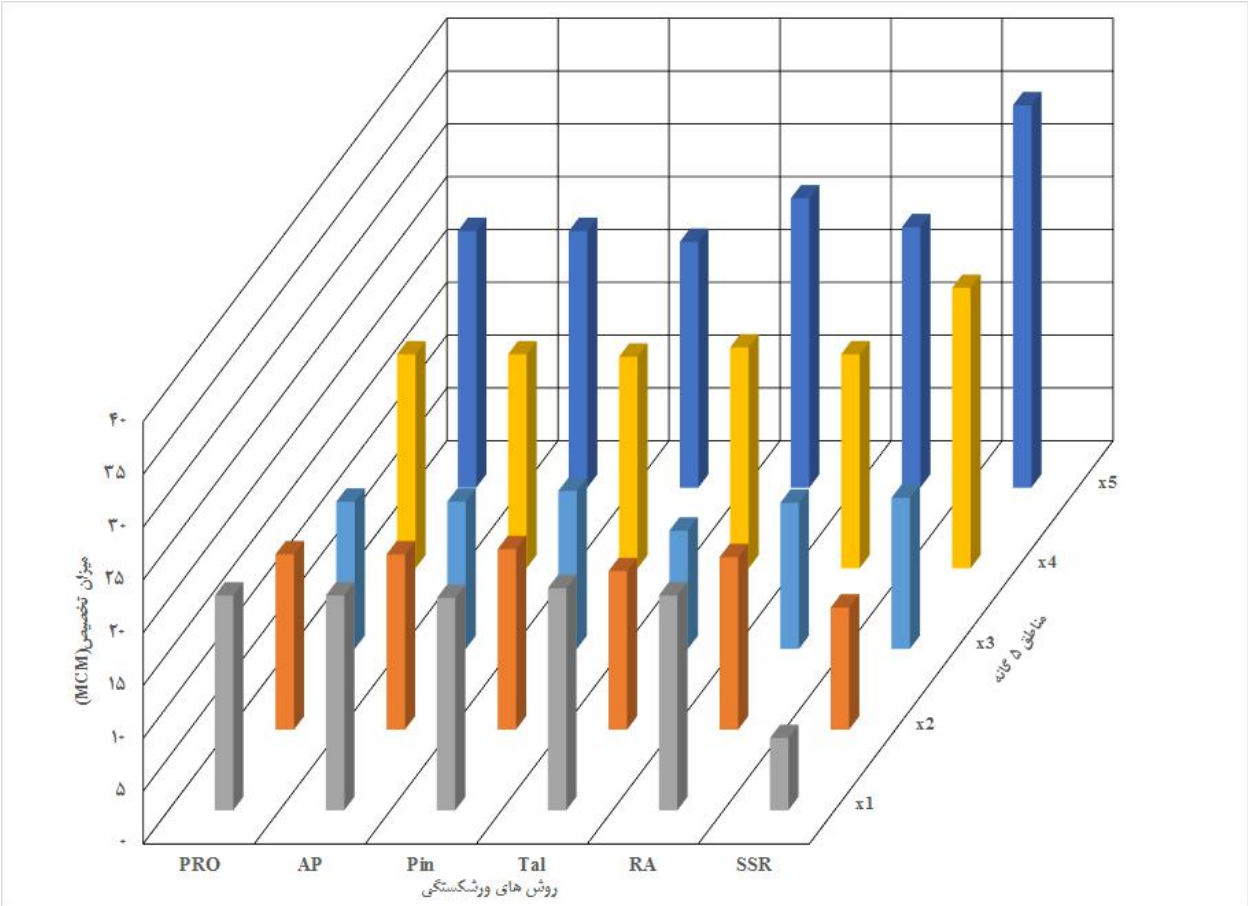


ه-3



و-3

شکل 3-حجم آب مورد نیاز و تخصیص داده شده (MCM) به هر منطقه با استفاده از روش‌های ورشکستگی



شکل 4- توزیع صورت گرفته بین مناطق با استفاده از روش‌های مختلف

مقادیر تخصیص یافته به مدعیان طبق روشPin بین 60 تا 67 درصد نیازهایشان بود که بیش‌تر از نصف میزان نیازهایشان است. مدعیان طبق روش Tal به 50 تا 70 درصد از نیازهایشان دست یافتند و درصدهای بالای تخصیص مربوط به افراد با نیاز بیش‌تر است.در نمودارهای شکل (3) محور افقی نیازهای افراد از کم به زیاد و همچنین نتیجه حاصل از هر روش را نشان می‌دهد تا چنانچه روشی به نفع افراد با نیاز کم‌تر و یا بیش‌تر است به سادگی مشخص شود. مطابق با شکل‌های 3-ج و 3-د در دو روش Pin و Tal، همه مدعیان بیش‌تر از نصف نیازهایشان را دریافت داشتند و این به آن خاطر است که در این مطالعه میزان موجودی از مجموع نصف نیازها بیش‌تر است.مطابق با رابطه (8) وقتی $1/2C \leq E$ است، بعد از تخصیص نصف نیاز هر نماینده، روش Pinمیزان دارایی باقیمانده را به نفع مدعیان با نیازهای کم‌تر تقسیم می‌کند که به علت وجود CEA در ساختار این قانون است. همانطور که اشاره شد این روش الویت تخصیص را به نمایندگان با نیاز کم‌تر می‌دهدولی در همین شرایط روش تالمود باقیمانده را به نفع نیازهای بزرگ‌تر تقسیم می‌کند که به خاطر وجود روش CEL در رابطه مربوط به آن یعنی رابطه (10) می‌باشد.

روش RA طبق مقادیر جدول (3) به همه مدعیان تقریبا بین 60 تا 64 درصد از نیازهایشان را اختصاص داده شده و این به خاطر آن است که این روش همه چینش‌هایمدعیان رادر نظر گرفته و بعد میانگین می‌گیرددر نتیجه به همه مدعیان درصدهای مشابهی اختصاص داده می‌شود. در شکل سه هم این موضوع نشان داده شده است.از مقایسه جدول (1) و نمودار شکل 3-و مشاهده می‌شود که در روش SSR based on PROبا وجود مشارکت تقریباً یکسان منطقه‌ای که پایین دست‌تر است، درصد بیش‌تری از نیازش را دریافت می‌کند که این موضوع تاییدی است بر این که قانون SSR based on PRO تخصیص را به نفع مدعیان پایین دست انجام می‌دهد و موقعیت مکانی نماینده در تخصیص نهایی نقش دارد. نمودار شکل (4) نتایج روش‌های مختلف را برای هر نماینده با یکدیگر مقایسه می‌کند. برای منطقه 1 همه روش‌ها غیر از روش SSR based on PRO نتایج یکسانی دارد و روشSSR based on PRO کم‌ترین میزان را به این منطقه تخصیص می‌دهد. نتایج حاصل از روش‌هایPRO، AP، Pinو RA نتایج مشابهی را برای دو منطقه 2

و 3 محاسبه کرده‌اند و دو روش TAL و SSR based on PRO، تخصیص کم‌تری را محاسبه کرده اند. برای نماینده منطقه 4 روش SSR based on PRO نسبت به بقیه برآورد بیش‌تری داشته است و بقیه تخصیص‌ها تقریباً یکسان بوده است و برای منطقه 5 روش TAL و SSR based on PRO با بقیه روش‌ها متفاوت هستند و روش‌هایAP،PRO، Pin وRA نتایج مشابهی را برای این منطقه برآورد کرده اند. بنابراین نتایج حاصل از روش‌هایPRO، AP، Pin و RA برای هر کدام از نمایندگان یکسان است و مقدار ثابتی را برای آن‌ها محاسبه می‌کند با این استثنا که روش Pin برای منطقه x_3پنج درصد بیش‌تر از دو روش دیگر محاسبه می‌کند. در نمودار شکل (3) امکان آن فراهم شده است تا به صورت چشمی برای یک نماینده مشخص همه روش‌ها از نظر مقدار نهایی تخصیص مقایسه شود. همچنین با استفاده از این نمودار می‌توان ملاحظه کرد که یک روش خاص برای انواع مدعیان چه تخصیصی را در نظر گرفته است. به عنوان مثال برای منطقه x_5 روش SSR based on PRO برآورد بیش‌تری را در نظر دارد.

برای انتخاب روش یا روش‌های مناسب تر، استفاده از شاخص اکثریت می‌تواند کمک کننده باشد. بر اساس این شاخص، روشی که بیش‌ترین طرفدار را دارد و توافق بهتری روی آن وجود دارد می‌تواند به عنوان روش منتخب معرفی شود (زارع زاده، 1389). بدیهی است هر مدعیطرفدار روشی است که بر اساس آن بیش‌ترین سهم را دریافت کند. جدول (4) میزان مقبولیت هر روش را برای هر مدعی نشان می‌دهد. بر اساس این جدول روش PRO برای مناطق 1، 2 و 3 در الویت اول قرار دارد و برای مناطق 4 و 5 در الویت دوم قرار دارد. با توجه به این جدول و نتایج جدول (2) روش‌های *PRO*، *AP*، *Pin* و *RA*علاوه بر آن که مورد توافق اکثریت مدعیان است، نتایج تقریباً مشابهی نیز دارند بنابراین می‌توان در این مطالعه نتایج حاصل از این روش‌ها را به عنوان نتایج مورد پذیرش اکثریت اعلام کرد.

جدول4-ارجحیت روش ها با توجه به الویت مدعیان

	PRO	AP	Pin	Tal	RA	SSR
C_1	1	1	1	1	1	2
C_2	1	1	1	1	1	2
C_3	1	1	1	2	1	1
C_4	2	2	2	2	2	1
C_5	2	2	2	2	2	1

اگر چه هدف اصلی روش‌های ورشکستگی آن است که موجودی ناکافی را به‌طور عادلانه و منصفانه بین مدعیان تقسیم کند اما از آنجا که تعاریف متفاوتی از تساوی و عدالت وجود دارد، روش‌های متفاوت نتایج متفاوتی را ارائه می‌کند. در چنین شرایطی برای ارائه بهترین تخصیص باید علاوه بر منطق و اساس هر روش، به ماهیت مساله موجود نیز توجه داشت. ولی به طور کلی هیچ‌گاه نمی‌توان ادعا کرد که یک روش بهترین روش برای تخصیص منابع آب مشترک است. انجام مطالعات اجتماعی و شناخت بهتر منطقه و یا دانستن مشخصه‌ای از یک حوضه که مصارف آن حوضه را متمایز می‌کند می‌تواند به پیدا کردن روش مناسب کمک کند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش روش‌های ورشکستگی به منظور معرفی تعدادی از مکانیزم‌های موجود برای تخصیص عادلانه منابع مشترک ارائه شد. همانطور که مشاهده شد عدم نیاز به اطلاعات وسیع و قابل درک بودن قوانین مورد استفاده از ویژگی‌های این روش‌ها است.هر کدام از روش‌های این نظریه، تخصیص عادلانه را از منظری خاص وارد روابط ساده ریاضی می‌کند و به این ترتیب دیدگاه‌های مختلف در تخصیص منابع مشترک در نظر گرفته می‌شود. باید تاکید نمود که این روش‌ها به تنهایی نمی‌توانندتنش‌های موجود در بهره‌برداری از منابع آبی مشترک را حل کند، بلکه با توجه به امتیازاتی که دارد به عنوان گام ابتدائی برای طرح دیگر روش‌ها و تشویق ذی‌مدخلان برای مذاکرهمحسوب می‌شود و در کنار سایر روش‌های تصمیم‌گیری، می‌تواند در راستای تخصیص عادلانه گام بردارد.پیشنهاد می‌شود.

در ادامه به مطالعه ویژگی‌های هر روش و تطابق و تدقیق آن در مسائل آبی پرداخته شود. رویکرد عادلانه و منطقی یکی از مهم‌ترین اصول در توزیع منابع آبی مشترک استو در بسیاری از قوانین بین‌المللی آب از جمله سه قانون هلسینکی[1] (1966)، کنوانسیون حقوق بهره‌برداری از آبراه‌های بین‌المللی برای مقاصد غیرقابل کشتیرانی[2](1997)، و قوانین برلین[3](2004) اشاره و مورد تاکید قرار گرفته است.علی‌رغم اهمیت این اصل و با توجه به وجود تعاریف مختلف و متعدد از عدالت، رویکردهای مختلفی برای بازتوزیع و تخصیص منابع آب مشترک با ادعای رویکرد عادلانه توسعه داده شده‌اند. لذا پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آتی، علاوه بر در نظر گرفتن شاخص‌های مختلف یک روش تخصیص عادلانه و منطقی، سایر الزاماتی که در ماده 6 کنوانسیون 1997 حقوق بهره‌برداری از آبراه‌های بین‌المللی برای مقاصد غیرقابل کشتیرانی سازمان ملل برای بازتوزیع عادلانه منابع مشترک آب اشاره شده است نیز مورد بررسی قرار گیرد.

1- Helsinki Rules
2- The United Nations Convention on the Law of the Non-Navigational Uses of International Watercourses (the UN Convention).
3- Berlin Rules

منابع

زارع زاده،م. 1389. تخصیص منابع آب حوضه آبریز قزل اوزن- سفیدرود تحت تاثیر تغییر اقلیم با به کارگیری رویکرد ورشکستگی در حل اختلافات. پایان نامه ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

شرکت مهندسی مشاور طوس آب، اردیبهشت 1388، گزارش نهایی، جلد سوم طرح توسعه بهره برداری و مهندسی رودخانه و تعیین حد حریم و بستر و حفظ حریم رودخانه اترک، مطالعات مرحله اول، وزارت نیرو،آب منطقه‌ای استان گلستان.

Ahuja,R.K., Magnani,T.L and Orlin,J.B.1993. Network flows, New Jersey, Prentice Hall.

Ansink,E. 2009. Game-theoretic models of water allocation in transboundary river basins, Wageningen University.

Ansink,E and Marchiori,C. 2010. Reallocating Water : An Application of Sequential Sharing Rules to Cyprus. Working paper.

Ansink,E., Weikard,H.P. 2012. Sequential sharing rules for river sharing problems. Social Choice and Welfare. 38.2: 187–210.

Ambec,S and Sprumont,Y. 2002. Sharing a River, Journal of Economic Theory, Elsevier. 107.2: 453-462.

Aumann,R.J., Maschler,M. 1985. Game theoretic analysis of a bankruptcy problem from the Talmud. Journal of Economic Theory. 36: 195–213.

Bosmans,K and Lauwers. L. 2011. Lorenz comparisons of nine rules for the adjudication of conflicting claims. International Journal of Game Theory. 40: 791-807.

De Stefano,L., Duncan,J., Dinar,S.K., Stahl,K. Strzepek,A. Wolf,T. 2012. Climate Change and the Institutional Resilience of International River Basins. Journal of Peace Research. 49.1: 193–209.

Espey,M and Towfique,B. 2004. International bilateral water treaty formation. Water Resources Research, 40, W05S05, doi:10.1029/2003WR002534.

Gallastegui,M.C., Inarra,E and Prellezo,R. 2003. Bankruptcy of Fishing Resources: The Northern European Anglerfish Fishery. Marine Resource Economics. 17.4: 291–307.

Herrero,C. Villar,A. 2001.The three musketeers: four classical solutions to bankruptcy problems. Mathematical Social Sciences. 42.3: 307-328.

Kaminski,M.M. 2000. Hydraulic rationing. Mathematical Social Sci-ences 40:131-155.

Madani,K., Zarezadeh,M. 2012. Bankruptcy methods for resolving waterresources conflicts. In: Loucks, D.P. (Ed.), World Environmental and Water ResourcesCongress 2012. American Society of Civil Engineers, Reston, VA. 2247-2252.

Mianabadi,H., Mostert,E., Zarghami,M., van de Giessen,N,. 2014. A new bankruptcy method for conflict resolution in water resources allocation. Journal of Environmental Management 144: 152-159.

Mostert, E. 2003. Conflict and co-operation in international freshwater management: a global review, International Journal of River Basin Management. 1. 3: 267-278.

O'Neill,B. 1982. A problem of rights arbitration from the Talmud. Mathematical Social Sciences. 2: 345 371.

Sheikhmohammady, M. and K. Madani.2008. Sharing a multi-national resourcethrough bankruptcy procedure. Proceeding of the 2008 World Environmental and Water Resources Congress, Honolulu, Hawaii, Edited by Babcock R. W. and Walton R., 1-9, American Society of Civil Engineers.

Zarezadeh,M., Madani,K., Morid,S. 2012. Resolving transboundary water conflicts: lessons learned from the Qezelozan-Sefidrood river bankruptcy problem. In: World Environmental and Water Resources Congress 2012. American Society of Civil Engineers, Reston, VA, pp. 2406e2412.

Zarezadeh,M., Madani,K., Morid,S. 2013. Resolving conflicts over trans-boundary rivers using bankruptcy methods. In: Hydrology and Earth System Sciences. Discuss. 10: 13855–13887.

Piniles,H.M. 1861. Darkah shel Torah. Forester, Vienna

Wolf,A.T., Natharius,J.A., Danielson,J.J., Ward,B.S., Pender,J.K. 1999. Inteernational river basin of the world. Water Resourse Development, 15: 387-427. Updated on-line October 2002, http://www.transboundary waters.ors.edu/publications/register/tables/ IRB_table_4.html.

Wolf, A. 1998. Conflict and cooperation along international waterways. Water Policy 1.2: 251–265.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 9, Oct.-Nov. 2015, p. 594-604

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره4، جلد9، مهر - آبان 1394، ص. 604-594

Bankruptcy Methods in Transboundary Rivers Allocation Problems Case study : (Atrak river)

S. Mirshafee[1], H. Ansari[2], H. Mianabadi[3*]
Recived: Jun.15, 2015 Accepted: Oct.21, 2015

Abstract

Conflict over shared water resources has been occured in result of mismanagement,bad governance and increasing water demand. Therefore, equitable water allocation is one of the important tools reducing conflict.

In this paper, we investigate application of six methods of bankruptcy theory:Proportional (PRO), Adjusted proportional (AP), Talmud (TaL), Pinile (Pin), Random arrival (RA), Sequential sharing rules (SSR based on PRO). The area study includesfive regions along Atrak riverin Golestan province. Total available water depending on water requirementsof each region is divided with bankruptcy theory. Since each method has different definition of fairness, so different results can be obtained. According to Plurality Rule, it shows that the results of PRO, AP, RA, Pin theories are the superior ones in this case study. Results of this study can be a starting point for negotiations and making agents' final decision.

Keywords: Bankruptcy theory, Transboundary rivers, water allocation, Atrak river

1- PhD student, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad
2- Associate Professor, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad
3- PhD Candidate, Department of Water Resource, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands
(* - Corresponding Author E-mail: h.mianabadi@tudelft.nl)