کاربرد تئوری ورشکستگی و تقاضاهای ناسازگار در حل مناقشه تخصیص منابع آب زاینده‌رود

سید پرویز جلیلی کامجو[1]، رامین خوچیانی[2]

تاریخ دریافت:۹۸/۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱/۲۲

چکیده

حل تقابل آب و تخصیص بهینه منابع مشترک آب، مهم‌ترین خدمت نظریه بازی‌های با رویکرد مشارکتی به اقتصاد آب است. حوضه آب‌ریز زاینده‌رود مهم‌ترین حوضه مورد مناقشه در بین چند استان هم‌جوار در حوضه درجه یک فلات مرکزی ایران است. هدف این پژوهش استفاده از نظریه بازی‌های با کاربرد رویکرد ورشستگی (تقاضاهای ناسازگار) به منظور تخصیص بهینه منابع آب سطحی و زیرزمینی در حوضه آب‌ریز زاینده‌رود با درنظر گرفتن حق‌آبه زاینده‌رود (بخش گردشگری)، لحاظ آب انتقالی به یزد و کاشان و آب منتهی به تالاب گاوخونی در کنار تقاضای سه بخش شرب، صنعت-معدن و کشاورزی است. به منظور برآورد حق‌آبه طبیعی رودخانه و بخش گردشگری از روش مونتانا (تنانت) تحت سه سناریوی مختلف تنانت ضعیف، قابل قبول و بهینه در دوره ۱۳۶۱-۱۳۹۵ استفاده شد، که به ترتیب ۷۷/۷، ۱۳۰/۵ و ۴۶۶/۵ میلیون مترمکعب در سال برآورد شد. تئوری تقاضاهای ناسازگار در سناریوهای مختلف برای حق‌آبه زاینده‌رود (بخش گردشگری) نشان داد در هر سه سناریو بر اساس پنج قانون مختلف در تئوری ورشکستگی شامل قانون نسبی PRO، قانون محدودیت برابر پاداش‌ها CEA، قانون محدودیت برابر زیان‌ها CEL، تالمود TAL و قانون ورود تصادفی RA، روش CEA مطلوب‌ترین روش برای ۵ بخش (به جز بخش کشاورزی) بود. به منظور انتخاب روش عادلانه‌تر، از شاخص ضریب جینی و منحنی لورنز استفاده شد که نشان داد قانون CEA نسبت به سایر روش‌ها توزیع با نابرابری کمتری را دارد. به این ترتیب به دلیل شکاف فزاینده تقاضای در حوضه زاینده‌رود پیشنهاد شد تخصیص آب بر اساس قوانین تئوری ورشکستگی و تقاضاهای ناسازگار انجام یابد.

واژه‌های کلیدی: نظریه بازی‌ها، تقاضاهای ناسازگار، تئوری ورشکستگی، تنانت، زاینده‌رود.

طبقه‌بندی JEL: C22,Q25

۱. استادیار اقتصاد دانشگاه آیت ا... بروجردی (ره)، (نویسنده مسئول) Email:Parviz.jalili@abru.ac.ir

۲ . استادیار اقتصاد دانشگاه آیت ا... بروجردی (ره) Email: ramin.khochiani@abru.ac.ir

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]

[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

۱. مقدمه

عدم تخصیص بهینه آب در یک حوضه آبریز دارای تاثیرات گسترده منفی بر حوضه‌های آبریز مجاور و متغیرهای اقتصادی- اجتماعی مناطق جغرافیایی همجوار دارد (جلیلی، ۱۳۹۸) و به شدت رشد اقتصادی حوضه را تحت تاثیر قرار می‌دهد و ابعاد مختلف تنش را تشدید خواهد نمود (خوچیانی و جلیلی، ۱۳۹۸). انتخاب یک شیوه تخصیص بهینه با در نظر گرفتن ابعاد سیاسی، اجتماعی و به خصوص اقتصادی و محیط‌زیستی، برای تصمیم‌گیرندگان در میان چند رویکرد ممکن در مدیریت حوضه آبریز همیشه مناقشه‌آمیز بوده است (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۵). به طوری که تخصیص نادرست منابع محدود آب، از علت‌های عمده ایجاد تنش و درگیری بین ذینفعان یک حوضه آبریز است. اخیرا روش‌های جدیدی به منظور مدیریت رابطه متقابل انسان و آب مورد استفاده قرار گرفته است (فرشادی و همکاران، ۲۰۱۶). در این زمینه استفاده از مدل‌های حل اختلاف (تقابل) یک راهکار مناسب در تخصیص آب است (ضرغامی و صفاری، ۱۳۹۲). تئوری بازی‌ها به دلیل ماهیت آن، قابلیت در نظر گرفتن رفتار استراتژیک بازیکنان را دارا است و می‌تواند همکاری یا عدم همکاری آن‌ها را در درون مدل و بدون فشار نیروی خارجی لحاظ کند (راثی و قوامی، ۱۳۹۷). روش‌های تئوری ورشکستگی می‌توانند آب موجود را به مدعیان منبع با توجه به ادعاهای اولیه آنها اختصاص دهد (مدنی و همکاران[1]، ۲۰۱۴). تعادل مشارکتی زمانی رخ می‌دهد که مصرف‌کنندگان منابع آب با توجه به قید سطح معین منابع و در نظر گرفتن اثرات متقابل استحصال، که به آن‌ها اجازه کسب منفعت مشخص از منابع را می‌دهد، در راستای نیل به پایداری عمل می‌نمایند (فرشادی و همکاران، ۲۰۱۶). به منظور حفظ بازی‌های مشارکتی نیروی اجباری موثر خواهد بود. به عبارت دیگر مبتنی بر پارادوکس (تناقض) عمومی کردن هزینه‌ها- خصوصی کردن منافع یک تمایل طبیعی به سمت بازی‌های غیرمشارکی و استخراج ناپایدار حوضه‌های آبریز وجود دارد (لوایسیگا[2]،

1 . Madani, K.; Zarezadeh, M.; Morid, S.
2 . Loaiciaga, H.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

۲۰۰۴). در تخصیص بهینه منابع آب مشترک بین مصرف‌کنندگان و صاحبان منابع دو رویکرد تقابل و همکاری وجود دارد (ژنگ و همکاران[1]، ۲۰۱۹). این پژوهش از رویکرد بازی‌های مشارکتی بهره می‌برد. زیرا تئوری‌های مشارکتی به تخصیص‌های منصفانه در منابع مشترک نزدیک‌تر است (اون[2]، ۱۹۹۵). در تخصیص منابع آبی باید سه اصل برابری، کارایی و پایداری به ترتیب رعایت گردند (وانگ و همکاران، ۲۰۰۳)، که تئوری بازی‌ها با رویکرد مشارکتی قادر به تحمیل سه قید برابری، کارایی و پایداری بر مسئله بهینه‌یابی آب است (هان و همکاران[3]، ۲۰۱۸). در تاکید بر اصول فوق، در ایران محیط زیست و گردشگری به عنوان بخش‌های اصلی نیازمند آب، همواره پذیرای خسارات ناشی از عدم تخصیص منابع آبی بودند (جلیلی، ۱۳۹۵). این پژوهش حق‌آبه محیط‌زیست و گردشگری را در مسئله بهینه‌یابی در نظر گرفته است. در هر حوضه آبریز حل تخصیص آب با استفاده از بازی‌های مشارکتی دارای دو مرحله است: اول اینکه حقوق مالکیت اولیه آب به صورت قانونی یا توافقی بین مصرف‌کنندگان توزیع شده‌است و سپس تخصیص بهینه با انتقال بین بخش‌های دارای حق مالکیت آب منجر به افزایش کارایی شد (وانگ[4]، ۲۰۰۸). این پژوهش تخصیص مجدد منابع را مبتنی بر مالکیت و تخصیص اولیه حل خواهد نمود. همچنین چون پرداخت هیچ بازیکنی بدون کاهش در پرداخت سایر بازیکنان، افزایش نمی‌یابد (شیخ‌محمدی و مدنی، ۲۰۱۰؛ پورکاظمی و والی، ۱۳۹۲)، این پژوهش از منحنی پاره‌تو (لونز) نیز بهره خواهد برد. در نتیجه سئوال اصلی این پژوهش این است که تحت سه سناریوی ضعیف، قابل قبول و بهینه برای زاینده‌رود (بخش گردشگری) و با قید محدودیت منابع آب سطحی و زیرزمینی تئوری بازی‌ها با رویکرد بازی مشارکتی و کاربرد روش ناسازگار[5] (تئوری ورشکستگی[6])، تخصیص بهینه آب در حوضه زاینده‌رود بین نیازهای شرب (مسکونی، تجاری، عمومی و فضای سبز)، کشاورزی، صنعت و معدن، محیط‌زیست

1 . Zeng, Y., Li, J., Cai, Y., Tan, Q., & Dai, C.
2 . Owen, G.
3 . Han, Q., Tan, G., Fu, X., Mei, Y., & Yang, Z.
4 . Wang, L.
5 . Conflicting claims.
6 . Bankruptcy.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

(تالاب) و انتقال به یزد و کاشان به چه صورت خواهد بود؟ به این ترتیب ساختار این پژوهش به این ترتیب است که در بخش دوم پیشینه پژوهش داخلی و خارجی ارایه شد. در بخش سوم مبانی نظری تئوری بازی‌ها و روش تقاضاهای ناسازگار مطرح شد. بخش چهارم به نتایج اختصاص دارد و در نهایت نتیجه‌گیری و پیشنهادات سیاستی ارایه شد.

۲. پیشینه پژوهش

نخستین کاربرد تئوری بازی‌ها در منابع آب توسط راجرز[1] (۱۹۶۹) در تخصیص آب رودخانه‌های گنگ و براهماپوترا، بین پاکستان و هند مدلسازی شد. سوپالا و همکاران[2] (۲۰۰۲) با استفاده از تئوری بازی‌ها به تخصیص بهینه آب بین کلرادو، نبرسکا و وایومینگ پرداختند. این بازی مبتنی بر قید کمبود آب برای تقاضاهای مختلف بود و از حراج پی درپی با تکرار پیشنهادها به حل مسئله تخصیص پرداختند. لوایسیگا (۲۰۰۴) استخراج آب زیرزمینی را با دو حالت همکاری و عدم همکاری بین دو مصرف‌کننده در نظر گرفت و نشان داد که در حالت همکاری علاوه بر افزایش سود بلندمدت دو مصر ف‌کننده، عمر چاه نیز افزایش خواهد یافت. شوکی‌وی[3] (۲۰۰۸) با استفاده از تعمیم بازی معمای زندانی به مالکیت آب در یک رودخانه در چین نشان داد که در بازی‌های غیرمشارکتی، بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب آب مورد نیاز خود را بدست می‌آورند و بخش محیط‌زیست شدیدا مورد آسیب قرار می‌گیرد. اما در بازی‌های مشارکتی در حالت بهینه بخش صنعت، شرب و کشاورزی به ترتیب با کسری آب مواجه هستند و محیط‌زیست سهم آب بیشتری دریافت می‌نماید. مدنی (۲۰۱۰) نشان داد که تئوری بازی‌ها در مدیریت منابع آبی و حل مسایل تقابل از طریق بازی‌های غیرمشارکتی ساختار پویای مسایل منابع آبی را شفاف می‌نماید. سیالو[4] و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از یک بازی مشارکتی و رویکرد حداکثرسازی پی‌درپی رفاه به مدیریت تخصیص آب در حوضه رودخانه ارنج

1 . Rogers, P.
2 . Supalla, R., Klaus, B., Yeboah, O., Bruins, R.
3 . Shouke Wei, M.A.
4 . Siehlow, M., Reif, J., Hirschhausen, CH., Dreuse, A., Koschker, S., Schneider, S. and Werner, W.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

سنکو افریقای جنوبی پرداختند و از ارزش هسته شپلی به منظور ارزیابی ساختار انگیزه در حالت‌های مختلف مشارکت استفاده کردند. نتایج نشان داد که یک ائتلاف، مجموع رفاه را تا پنج درصد نسبت به حالتی که تمام متقاضیان آب عملکرد انفرادی داشته باشند، افزایش می‌دهد. دی‌کانیو وفرمستاد[1] (۲۰۱۳) به ارزیابی تئوری بازی‌ها در دیپلماسی مشکلات آب و هوایی پرداختند. آنها با استفاده از یک بازی ۲×۲ و با استفاده از تئوری معمای زندانی، بازی‌های همکارانه، بازی جوجه و شکارچی به برآورد نتایج و پیامدهای بازی بین ایالت‌های فرضی در ایالات متحده پرداختند. کیکسینی و ورگا[2] (۲۰۱۹) با استفاده از یک بازی تفاضلی با راه‌حل‌های تقسیم‌شده نشان داند که با داده‌های فرضی پی‌آف بازی مشارکتی بیشتر از بازی غیرمشارکتی (تعادل ناش) است. جمع‌بندی مطالعات در جدول (۱) ارایه شد.

جدول ۱. تخصیص آب بین کشورهای مختلف بر اساس تئوری بازی‌ها

نویسندگان	سال	مکان مناقشه آب	روش حل مسئله و نوع بازی
Dufournaud	۱۹۸۲	کانادا و آمریکا -لائوس، تایلند و ویتنام	تئوری غیرمشارکتی ابربازی
Becker & Easter	۱۹۹۵	آمریکا و کانادا	استراتژی‌های غالب در بازی‌های غیرمشارکتی
Fisvold & Caswell	۲۰۰۰	آمریکا و ومکزیک	مفاهیم راه حل مشارکتی
Wang et al.	۲۰۰۳	حوضه آبریز دریاچه آرال	تخصیص ۲مرحله‌ای مشارکتی، تاکید بر حق‌آبه اولیه
Kucukmehmetoglu & Guldmen	۲۰۰۴	عراق، سوریه و ترکیه	راه حل مشارکتی
Madani and Hipel	۲۰۰۷	اسرائیل، اردن، لبنان، فلسطین و سوریه	راه حل غیر مشارکتی و مدل گراف برای حل تقابل
Elimam et al.	۲۰۰۸	کنیا، روآندا، سودان، تانزانیا و اوگاندا	بازی غیرمشارکتی، مدل گراف برای حل تقابل
Fernandez	۲۰۰۹	آمریکا و ومکزیک	مدل بازی تفاضلی، غیرمشارکتی و مشارکتی

1 . DeCanio, S. J., Fremstad, A.
2 . Kicsiny, R., & Varga, Z.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

نویسندگان	سال	مکان مناقشه آب	روش حل مسئله و نوع بازی
Sheikhmohammady & Madani	۲۰۱۰	آذربایجان، ایران، قزاقستان، روسیه و ترکمنستان، ایران و افغانستان	چانه زنی اندوخته، قوانین انتخاب عمومی، رویکرد ورشکستگی، غیرمشارکتی و مشارکتی
Kucukmehmetoglu	۲۰۱۲	دجله و فرات	جبهه پاره‌تو و بازی مشارکتی
Safari et al.	۲۰۱۳	زرینه‌رود ایران	رهبر-پیرو دو مرحله‌ای و چانه‌زنی ناش
Madani et al.,	۲۰۱۴	۸استان حریم قزل‌اوزون- سفیدرود	تئوری ثبات تخصیص ورشکستگی جدید
Farhadi et al.	۲۰۱۶	منابع سطحی بخش کشاورزی داریان شیراز	تعادل ناش مبتنی بر نماینده و شبکه اعصبی مصنوعی
Han et al.	۲۰۱۸	رودخانه هانجیان چین	رهبر- پیرو چندجانبه مشارکتی دو سطحی
Zeng, et al.,	۲۰۱۹	حوضه آبریز شهر بیجینگ و ژانجیاکو چین	تئوری بازی متداخل مشارکتی و چانه‌زنی رابینستین
Liu, et al.,	۲۰۲۰	حوضه آبریز استان گانژو چین	ارزیابی ریسک تخصیص آب با استفاده از مدل سازی منطق فازی و تئوری بازی‌ها

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۷

ژنگ و همکاران (۲۰۱۹) به منظور حل مناقشه آبی در حوضه آبریز مناطق مرزی در شهر بیجینگ و ژانجیاکو چین از تئوری بازی متداخل مشارکتی و چانه‌زنی با کاربرد مدل برنامه‌ریزی خطی بهره بردند. نتایج این تخصیص نشان داد حق‌آبه‌های اولیه و حق تخلیه پس‌آب اولیه موجود در حوضه آب‌ریز به چانه‌زنی‌های دو طرفه به صورت منصفانه تعیین شده‌اند. همچنین یک مکانیسم کارآ به منظور مبادله حق‌آبه‌ها از منابع آب زیرزمینی به صورت اجاره طراحی گردید. لیو و همکاران (۲۰۲۰) ارزیابی ریسک تخصیص آب با استفاده از مدل سازی منطق فازی و تئوری بازی‌ها درحوضه آبریز استان گانژو چین به منظور تخصیص انتزاعی و واقعی آب استفاده نمودند و ۱۵ فاکتور به منظور ارزیابی ریسک

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

تخصیص بهینه را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که این تخصیص در سال‌های خشک کنترین ریسک را بر تخصیص منابع آب زیرزمینی و سطحی تحمیل می‌نماید.

مازندرانی و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از تعادل ایستا و پویا در بازی غیرهمکارانه و بازی همکارانه کامل در حوضه آبریز قزوین نشان دادند که منافع حاصل از بازی همکارانه بیشتر است. صبوحی و مجرد (۱۳۸۹) با استفاده از بهینه پاره‌تو و راه حل‌های نامتناسب ناش، سطوح همگن، اسمردینسکای و ضررهای یکسان برای حوضه آبریز اترک خراسان شمالی و منابع آب زیرزمینی نشان دادند که استخراج بهینه بین ۷۴ تا ۱۱۷ میلیون مترمکعب است. پورسیاهی و کراچیان (۱۳۸۹) با استفاده از روش‌های شاپلی و نوکلئولوس نشان دادند که بازی‌های مشارکتی از قابلیت بالایی در زمینه کاهش اختلافات در سیستم رودخانه‌ای کارون- دز برخوردار می‌باشد. پورزند و زیبایی (۱۳۹۰) برای به دست آوردن ماتریس تاوان برای دو هدف متعارض (اقتصادی و زیست محیطی) و استخراج مرز پارتو یا منحنی مبادله از الگوی برنامه ریزی خطی و ضریب برداشت بیش از حد استفاده شد. سپس با بهره گیری از چهار روش نظریه بازی ها شامل راه حل نامتقارن نش، راه حل نامتقارن کلی - اسمردینسکای، راه حل نامتقارن مساحت یکنواخت و راه حل زیان مساوی، میزان بهینه برداشت از آب های زیرزمینی تعیین شد. در این مقاله از داده های ۱۲۸ نمونه تصادفی در شهرستان فیروزآباد در سال زراعی ۱۳۸۶-۱۳۸۷ استفاده شده است. نتایج نشان داد هنگامی که اهداف اقتصادی و زیست محیطی از اهمیت یکسانی برخوردار باشند، میزان برداشت بهینه در سال ۱۳۸۶-۱۳۸۷ برابر با ۱۶۲,۷۹ میلیون مترمکعب است. غفاری مقدم و همکاران (۱۳۹۱)، به ارزیابی تخصیص بهینه منابع آب مخازن چاه نیمه با استفاده از مدل های نظریه بازی‌ها پرداختند. در جریان تخصیص مجدد سود بر مبنای مفهوم ارزش شپلی بیشترین سود متعلق به آب شرب زاهدان بود که دارای بیشترین دریافت‌های جانبی از دیگر شرکا و منافع افزوده در کل دوره است. کمترین سود نیز متعلق به بخش کشاورزی است. ضرغامی و صفاری (۱۳۹۲) نشان دادند که در صورت اهمیت برابر سهم بخش‌های مختلف در افق سال ۱۴۰۰ به ترتیب برابر ۷۸۰، ۳۲۳، ۷۸ و ۵۰۱ میلیون متر مکعب و در

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

شرایط اهمیت نسبی برابر سهم استان‌های آذربایجان غربی، شرقی و کردستان و دریاچه ارومیه از منابع آب قابل دسترس حوضه زرینه‌رود به ترتیب ۳۸، ۱۷، ۱۶ و ۳۹ درصد است. اکبری و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از یک مدل همکارانه در حوضه زاینده‌رود نشان دادند که سناریویی که حداکثر نیاز ذی نفعان را تامین کند، برتر از سایر رویکردها است، به صورتی که ۸۷/۳ درصد نیاز آبی تالاب برای حفظ شرایط مطلوب آن تامین می شود. دانش‌یزدی و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که نظریه بازی‌های همکارانه با رویکرد هسته، ارزش شپلی و شاخص پایداری به‌همراه یک مدل جامع مدیریت منابع آب می‌تواند به‌طور مؤثری برای ارزیابی حالات مختلف همکاری در حوضه آبریز دریاچه ارومیه به‌کار گرفته شود. پورکاظمی و والی (۱۳۹۳) به تخصیص آب بین دو بخش کشاورزی و صنعت با استفاده از بهینه پاره‌تو در حوضه آبریز زاینده‌رود پرداختند. مطابق نتایج حاصل از بازی دونفرهٔ کشاورزی و صنعت، پس از کسر آب شرب، سهم بخش های کشاورزی و صنعت به‌ترتیب به میزان ۸۵/۸۲٪ و ۱۴/۱۸ ٪ است تا سود کل استان ماکزیمم شود. جلیلی و خوش‌اخلاق (۱۳۹۵) با برآورد ۵ تابع تقاضای مختلف با تعریف سه سناریوی مختلف به تخصیص آب در زاینده‌رود پرداختند. رحیمی و همکاران (۱۳۹۵) بر اساس تئوری بازی‌ها و معادله نش با استفاده از از الگوریتم بهینه ساز PSO مرتبط با مدل شبیه ساز MODSIM بر روی حوضه آبریز زرینه رود و سد بوکان نشان دادند که، تعادل نش نسبت به تخصیص کنونی منجر به رفاه بالاتر خواهد شد. قوامی و راثی (۱۳۹۷) نشان دادند که روش‌های غیرهمکارانه به دلیل در نظر گرفتن تضاد مطلوبیت های تصمیم گیرندگان و تمایل شدید به افزایش سود شخصی، عدم نیاز به وزن دهی کمی به معیارها و تصمیم گیرندگان، استفاده از داده های کیفی و نسبی و کاهش حجم نسبی محاسبات بهتر از روش‌های همکارانه است.

نظریه بازی‌ها با طرح تئوری تقاضاهای ناسازگار و یا تئوری ورشکستگی که رویکردی از نظریه بازی‌های همکارانه است (میرشفیعی و همکاران، ۱۳۹۴) به این مسئله پاسخ می‌دهد که منبع محدود آب بین تقاضاهایی که دارای مازد هستند با چه الگوریتمی باید

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

تخصیص داده شود (سباستیانو و همکاران، ۲۰۱۷). حل این مساله از طریق نظریه بازی‌ها، اولین بار توسط اونیل[1] (۱۹۸۲) و آیومان و ماچلر[2] (۱۹۸۵) معرفی شد. همین مساله در مورد تخصیص آب زاینده‌رود به بخش‌های مختلف صنعت، کشاورزی، آب شرب، آب انتقال یافته به یزد و کاشان، سهم تالاب ورزنه و در نهایت سهم خود رودخانه زاینده‌رود به عنوان بخش گردشگری و زیست محیطی نیز وجود دارد. این که هر کدام از بخش‌ها بر اساس نیاز و تقاضای موجود، چه مقدار مجاز خواهند بود از منابع آبی رودخانه برداشت کنند تا سهم رودخانه نیز به عنوان یک عامل گردشگری و عامل زیست محیطی حفظ شود از اهداف پژوهش حاضر است. به این ترتیب جمع‌بندی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد علاوه بر به‌روز نمودن داده‌ها و استفاده از اطلاعات ایستگاه‌های هیدرومتری و هواشناسی، مهم‌ترین نوآوری این پژوهش استفاده از تئوری ورشکستگی، در نظر گرفتن سهم زاینده‌رود (بخش گردشگری) تحت سناریوهای مختلف روش تنانت و انتقال آب به یزد و کاشان در کنار ۴ بخش شرب، کشاورزی، صنعت و معدن و محیط‌زیست است. در نظر نگرفتن سهم زاینده‌رود و انتقال آب به یزد و کاشان، تخصیص بهینه بر اساس ضرایب برآردی را تورش‌دار و ناسازگار می‌نماید که در این پژوهش این موارد در نظر گرفته شده است. همچنین در این پژوهش به صورت ماهیانه از اطلاعات ایستگاه‌های هیدرومتری استفاده شده است و داده‌ها به صورت اختصاصی محاسبه شده است و خطای داده‌ها بسیار کاهش یافته است.

۳. مبانی نظری

منابع آب سطحی و زیرزمینی به دلیل کمیابی، یک منبع تقابل است (جلیلی، ۱۳۹۸). روش‌های مختلفی به منظور تخصیص بهینه منابع آب و حل مسائل تقابل آب وجود دارد، یکی از ابزارهای نیل به تخصیص بهینه، تئوری بازی‌ها است (مدنی و همکاران، ۲۰۱۴).

1 . O' neill.
2 . Aumann & Maschler.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

نتایج حاصل از تئوری بازی‌ها متفاوت از روش‌های بهینه یابی است، زیرا روش‌های بهینه-یابی فرض می‌نمایند که همه بخش‌ها تمایل برای حرکت به سمت بهترین سیستم با نتایج بهینه دارند (مدنی، ۲۰۱۰). اما در مقابل نظریه بازی‌ها می‌تواند رفتار ذی‌نفعان مسئله منابع آبی را شناسایی و تفسیر نماید و توضیح دهد که چگونه فعل و انفعالات بخش‌های مختلف بجای هدف سیستم، اولویت را به اهداف خود می‌دهند (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۵). از ویژگی‌های مهم تئوری بازی‌ها نسبت به روش‌های بهینه یابی و شبیه‌سازی سنتی مقداری، توانایی تئوری بازی در شبیه سازی جنبه‌های مختلف تقابل، متحدالشکل کردن ویژگی‌های متنوع مسئله و پیش بینی نتایج و تحلیل در عدم حضور اطلاعات مقداری پی‌آف‌های بازی است (هان و دیگران، ۲۰۱۹). در تخصیص بهینه منابع آب مشترک بین مصرف‌کنندگان و صاحبان منابع دو رویکرد تقابل و همکاری وجود دارد (ژنگ و همکاران، ۲۰۱۹). بر اساس نوع توافق بازیگران، بازی‌ها به انواع همکارانه و غیرهمکارانه تقسیم می‌گردند. در این بازی فرض می‌شود که بازیکنان می‌توانند با یکدیگر مذاکره کنند تا تعهدات الزام‌آوری انجام دهند و به منظور اهداف مشترک باهم همکاری کنند. در این بازی، هر بازیکن تمام اطلاعات موجود در ارتباط با رقیب خود را می‌داند و همه بازیکنان قادر هستند تا تصمیماتشان را اجرا کنند.(محمودی نیا و همکاران، ۱۳۹۵)

بازی‌های مشارکتی به دو نوع بازی استراتژیک یا نرمال که معمولا برای بازی‌های ایستا (حرکت همزمان) کاربرد دارد و بازی‌های گسترده که معمولا برای بازی‌های پویا کاربرد دارد، تقسیم می‌گردد (عبدلی، ۱۳۹۵). ذی نفعان منبع تقابل ممکن است تمایل به مشارکت برای بهبود تخصیص منابع آب به یک موقعیت برد- برد داشته باشند و یا به یک رویکرد غیرهمکارانه گرایش داشته باشند (کیکسنی و ورگا، ۲۰۱۹). در مدل های همکارانه فرض بر همکاری کامل بین بازیکنان، برای دستیابی به نتیجه بهینه برای سیستم است (هان و

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

همکاران، ۲۰۱۸). نظریه بازی‌ها با رویکرد مشارکتی چهارچوب منطقی و واقعی را برای نشان دادن رفتار کاربران آب با اهداف مختلف نشان می‌دهد (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۵)، به طوری که مسئله از حالت چند تصمیم گیرنده و چند معیاره به حالت تک تصمیم‌گیرنده و چند معیاره تبدیل و سپس حل شد. چنین شباهتی به باور کارشناسان نظریه بازی، منجر به سهولت درک و آشنایی بهتر محققان با این مدل‌ها نسبت به مدل های غیرهمکارانه شد (مدنی و هیپل[1]، ۲۰۱۱). در این رویکرد توابع هدف تصمیم گیرندگان با یکدیگر ادغام شده و یک تابع هدف ترکیبی ایجاد می شود تا مسئله از حالت چند هدفه به تک هدفه تبدیل گردد. در این گونه مسائل، تنها یک تصمیم‌گیرنده آگاه و قدرتمند تعریف شده و آنگاه تصمیم نهایی به صورت عادلانه و بر اساس معیارهای اعلام شده توسط افراد ذی‌نفع در مسئله اتخاذ می‌شود (مدنی، ۲۰۱۱). به این ترتیب تئوری‌های مشارکتی به تخصیص‌های منصفانه در منابع مشترک نزدیک‌تر است (اون، ۱۹۹۵). زیرا رویکرد تخصیص آب صرفاً براساس حقابه اولیه معمولاً منجر به استفاده کارآمد از آب در کل یک حوضه آبریز نخواهد شد. در این میان، نیاز به یک روش جامع و پایدار به‌منظور انجام تخصیص به‌نحوی که تمامی گروه‌های ذینفع در بالاترین سطح رضایت قرار داشته باشند، ضروری به نظر می‌رسد (دانش‌یزدی و همکاران، ۱۳۹۳). اغلب بازی‌های مشارکتی می‌تواند تقابل مبتنی بر پی‌آف‌های کیفی را حل نمایند (یعنی بازیگران چگونه می‌توانند پیامدهای مختلف را رتبه یا درجه‌بندی نمایند). این توانایی‌ها اجازه می‌دهد که جنبه‌های اجتماعی- اقتصادی تقابل و مسئله برنامه‌ریزی، طراحی و سیاست‌گذاری را زمانی که اطلاعات کمی در دسترس نیست مدیریت نمود (صفری و همکاران، ۲۰۱۳). با غیبت بازار و با تعریف غیرشفاف حقوق مالکیت، تقابل بر سر تخصیص بهینه آب بین استفاده‌کنندگان مختلف امری ناگزیر است (شوکی‌وی، ۲۰۰۸). مسئله تقابل در صورتی که منابع آبی در مرزهای جغرافیایی بین چند کشور یا ایالت، مشترک باشند بسیار پیچیده‌تر می‌گردد (جلیلی، ۱۳۹۵). مسئله تقابل بین‌المللی آب به دوران جنگ نرم برمی‌گردد، دوره‌ای که کشورهای جهان درک خاصی

1 . Madani,K. Hipel, KW.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

از امنیت داشتند (اولسون[1]،۱۹۹۹). اما با شدت کم‌آبی، تقابل در مقایس‌های کوچک‌تر بین استانی در کشورهایی مانند ایران نیز در حال گسترش است. تقابل در حوضه آبریز فلات مرکزی با حوضه خلیج فارس و دریای عمان بین استان‌های اصفهان، چهارمحال و بختیاری، خوزستان و یزد، در هر دو بُعد منابع آب زیرزمینی و سطحی مهم‌ترین چالش آبی درون مرزی در ایران است (حاجیان و حاجیان، ۱۳۹۳). حتی در برخی حوضه‌های آبریز مشترک زیرزمینی در این دو حوضه درجه یک ایران، تقابل آب در منابع آب زیرزمینی به صورت حفر چاه‌های غیرمجاز بسیار شدیدتر از تقابل آب‌های سطحی است (جلیلی، ۱۳۹۵). تقابل بر سر مسایل آبی محدود به تقسیم دقیق و عادلانه هزینه‌ها و منافع آب و خدمات ناشی از آن نمی‌شود، دقیقا مسایلی که بیشتر اقتصاددانان بر روی آن‌ها تمرکز نموده‌اند. تقابل می‌تواند برسر جنبه‌های سیاسی و اجتماعی طرح‌ها، عملکرد و مدیریت پروژه‌های آبی ایجاد گردد (داینر[2]، ۲۰۰۴). بطور کلی برای بازی‌های منابع آبی و زیست‌محیطی سه نوع بازی برحسب بازیگران مختلف می‌توان تعریف نمود (شوکی‌وی، ۲۰۰۸). ۱- بازی HH : بازی که در اجتماع بشری اتفاق می‌افتد و هر دو طرف بازی بشر است و طبیعت در آن بازی انجام نمی‌دهد. ۲- بازی HN : بازی که بین بشر و طبیعت اتفاق می‌افتد. یک طرف بازی انسان و طرف مقابل بازی طبیعت است. ۳- بازی NN : بازی که در طبیعت اتفاق می‌افتد و هر دو طرف بازی طبیعت است و انسان در آن بازی انجام نمی-دهد. همچنین در تئوری بازی‌ها به منظور تخصیص منابع آبی سه مسئله اساسی مطرح است: ۱- اثبات وجود آب به عنوان یک منبع تقابل، ۲- شناخت شاخص‌های تنش آب، ۳- تاثیرات تقابل آب بر تلاش‌های ایجاد همکاری و مشارکت در تخصیص منابع آبی. به این ترتیب نوع بازی در این پژوهش بازی انسان و طبیعت HN تقابل بخش کشاورزی، صنعت و معدن و شرب (مسکونی، تجاری فضای سبز شهری و عمومی) با بخش محیط‌زیست و بخش گردشگری (تالاب گاوخونی و زاینده‌رود) و بازی بازی NN انسان با انسان سه

1 . Ohlsson, L.
2 . Dinar, A.,

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

بخش فوق بین در درون حوضه آبریز زاینده‌رود در اصفهان و در خارج از حوضه آبریز زاینده‌رود یعنی انتقال آب به یزد و کاشان است. سه مسئله اساسی در تئوری بازی‌های منابع آب، در حوضه آبریز زاینده‌رود نیز وجود دارد، تقابل بر سر منابع آب سطحی و زیرزمینی، شاخص‌های تنش که شامل حق‌آبه زاینده‌رود و تالاب، انتقال آب به خارج از حوضه آبریز و سهم صنعت و معدن از حوضه منابع حوضه است و در نهایت تقابل و تنش شدید آب ، که تاکنون امکان ایجاد یک بازی همکارانه را به منظور تخصیص بهینه منابع آب حوضه آبریز زاینده‌رود برای مدیران آب محیا ننموده است.

٤. روش پژوهش

به منظور تشریح نظریه ورشکستگی، فرض کنید دسته‌ای از استفاده‌کنندگان یک منبع $N = \{1,2,3, \dots, N\}$ و منبع محدود و قابل تقسیم $E \in \mathbb{R}_+$ وجود دارد که می‌بایست بین استفاده‌کنندگان تخصیص داده شود. هر نماینده مقدار مطالبه و ادعایی دارد که آن را با $c_i \in \mathbb{R}_+$ نشان می‌دهیم ؛ به طوری که $c \equiv (ci) i \in N$ بردار تقاضاها باشد. یک بازی تقاضاهای ناسازگار یک جفت (E,c) است، به طوری که $\sum_{i=1}^{n} c_i > E$، یعنی میزان مجموع مطالبه بازیکنان از کل موجودی منبع بیشتر است. بازیکنان باتوجه به ادعای تقاضایشان رتبه‌بندی می‌شوند. $c_1 \le c_2 \le c_3 \le \cdots \le c_n$. و با مجموعه $\mathcal{B}$نشان داده می‌شود. با توجه به یک مساله تقاضای ناسازگار، هر قاعده و قانونی که برای تخصیص و توزیع موجودی در میان بازیکنان به کار می‌رود، در چارچوب نظریه بازی‌های همکارانه پیشنهاد می‌شود. قوانین ذیل یک تابع تک ارزش $\varphi: \mathcal{B} \to \mathbb{R}_+^n$ هستند؛ به طوری که $0 \le \varphi_i(E,c) \le c_i$ برای تمام $i \in N$ و $\sum_{i=1}^{n} \varphi_i(E,c) = E$. قانون نسبی[1] (*PRO*): مشهورترین و ساده‌ترین روش از تئوری ورشکستگی، روش نسبت یا تناسب است (زارع زاده و همکاران، ۲۰۱۳). توزیع موجودی به صورت متناسب بین تقاضاها را پیشنهاد می‌دهد؛ به طوری‌که برای هر $(E,c) \in \mathcal{B}$ و هر $i \in N$، $P_i(E,c) = \lambda c_i$ باشد که

1 . Proportional.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

$\lambda = \frac{E}{\sum_{i \in N} c_i}$ ضریب تخصیص هر نماینده یا استفاده‌کننده است. قانون محدودیت برابر پاداش‌ها[1] (CEA): مقادیر مساوی به بازیکنان داده می‌شود، با این محدودیت که هیچ بازیکنی بیش از نیاز و مطالبه اش دریافت نمی‌کند. به عبارت دیگر میزان نیاز به صورت یکسان برآورده شود به طوری که میزان تخصیص یافته به هر فرد، از میزان نیازش بیشتر نباشد (آنسینک، ۲۰۰۹). یعنی ابتدا کمترین درخواست برای همه تخصیص داده شود و سپس با حذف آن مدعی، همین روند برای بقیه نیز درنظر گرفته شود تا موجودی منبع به اتمام برسد. این روش اولویت تخصیص را به استفاده‌کنندگان کمتر می‌دهد و این گروه از مدعیان بیشترین سهم ممکن را می‌برند. رابطه شماره ... این تخصیص را به صورت ریاضی نشان می‌دهد. برای هر $(E,c) \in \mathcal{B}$ و هر $i \in N$، $CEA_i(E,c) \equiv \min\{c_i, \mu\}$ باشد به طوری که $\sum \min\{c_i, \mu\} = E$. قانون محدودیت برابر زیان‌ها[2] (CEL): بردار پاداش‌ها را به گونه‌ای انتخاب می‌کند که همه بازیکنان با زیان‌های مشابه مواجه شوند، با این محدودیت که هیچ بازیکنی مقدار منفی دریافت نمی‌کند. سعی می‌شود تا میزان کمبود موجود بین همه مدعیان به صورت یکسان تقسیم گردد. این قانون برعکس قانون CEA اولویت تخصیص را به استفاده‌کنندگان بیشتر می‌دهد. به عبارت دیگر برای هر $(E,c) \in \mathcal{B}$ و هر $i \in N$، $CEL_i(E,c) \equiv \max\{0, c_i - \mu\}$ باشد به طوری که μ به گونه‌ای باشد که $\sum max\{0, c_i - \mu\} = E$. (آیومان و ماچلر، ۱۹۸۵). قانون تالمود[3] : توسط آیومان و ماچلر، (۱۹۸۵) معرفی شدند. این قانون پیشنهاد می‌کند که اگر موجودی(میزان دارایی‌ها) به اندازه نیمی از مجموع نیازها نباشد، بین بازیکنان قانون CEA اعمال شود یعنی هیچ کدام از مدعیان بیش از نیمی از میزان نیازشان را دریافت نمی‌کند و بالعکس. در غیر این‌صورت هر بازیکن نیمی از تقاضای خود را دریافت کرده و برای باقی‌مانده تقاضا، قانون CEL اجرا شود. قانون ورود تصادفی[4] (RA): اونیل (۱۹۸۲) فرض

1 . Constrained Equal Wards.
2 . Constrained Equal Losses.
3 . Talmud.
4 . Random Arrival.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

می‌کند که مدعیان، براساس نوبت و ترتیب اعلام نیاز خود سهمشان را دریافت می‌کنند و این روند تا هنگامی که موجودی تمام شود ادامه پیدا می کند. البته برای تخصیص عادلانه، کلیه جایگشت‌های ممکن برای هر نماینده در نظر گرفته می‌شود و سپس با استفاده از رابطه ۱ برای تخصیص استفاده می‌کند.

$$RA_i(c,E) = \frac{1}{n!}\sum_{\pi\in\Pi} \min\{c_i, \max\{0, E - \sum_{j\in\pi[i]} c_j\}\} \qquad (۱)$$

۵. یافته‌های پژوهش

۵ – ۱. توصیف داده‌ها

داده‌های منابع آب زیرزمینی در دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۵ برای برآورد مدل و در دوره ۱۳۶۱-۱۳۹۵ برای برآورد نیاز گردشگری و زیست‌محیطی رودخانه از سالنامه آماری استان اصفهان و گزارش‌های شرکت مدیریت منابع آب ایران در بخش‌های چاه عمیق، نیمه عمیق، قنات و چشمه استخراج شد. اطلاعات منابع آب سطحی نیز از گزارش‌های روزانه ایستگاه‌های هیدرومتری و هواشناسی مختلف در استان اصفهان و چهارمحال بختیاری استخراج گردید. سایر اطلاعات استفاده شده نیز از گزارش‌های مختلف شرکت آب منطقه‌ای اصفهان و سالنامه آماری آب منتشر شده توسط وزارت نیرو استخراج شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

تصویر شماره ۱. طرح‌های انتقال آب در حوزه زاینده‌رود

منبع: صفوی و راست‌قلم، ۱۳۹۵

حوضه آبریز زاینده‌رود با مساحت ۲۶۹۷۲ کیلومترمربع، از شمال به حوضه آبریز دریاچه نمک، از غرب و جنوب غرب حوضه کارون و دز، از شرق به حوضه دق سرخ و کویر سیاه کوه و از جنوب به حوضه شهرضا محدود می‌گردد. از این مساحت ۹۹ درصد آن در استان اصفهان و ۷ درصد آن در استان چهارمحال و بختیاری واقع است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

جدول ۲. خلاصه ای از داده های مورد استفاده در پژوهش

میزان مصرف آب کشاورزی	انتقال از تونل گلاب ۱ و ۲ به کاشان و دلیجان	انتقال آب به یزد	آب ورودی به تالاب در ورزنه	نیاز آبی رودخانه و گردشگری از سرچشمه تا تالاب روشن تفاوت و موتفاوا	تقاضای آب صنعت و معدن در زاینده رود	سرانه شرب به لیتر به روز*	تقاضای بخش شرب زاینده رود	جمع کل عرضه آب در حوضه زاینده رود	تونل چشمه لنگان و خدنگستان	کانال دوم	کانال اول	انتقالی دو تونل + لنگان+ خدنگستان	ذخیره سد	عرضه آب سطحی زاینده رود	آب ورودی به سد	خروجی آب از سد	برآورد طبیعی زاینده رود	عرضه آب زیرزمینی	سال آبی
۳۵۰۷	۰	۵۷	۱/۳	۷۵	۱۸۸	۱۶۲	۱۷۴	۴۰۰۲	۰	۱۳۰	۲۳۷	۳۶۷	-۵۳۴	۵۶۳	۶۲۳	۱۱۵۷	۱۹۵	۳۰۱۲	۸۰-۷۹
۴۵۷۹	۰	۵۷	۱/۷	۱۴۵	۲۷۳	۱۶۳	۱۹۱	۵۲۴۶	۰	۴۲۸	۳۱۸	۷۴۶	-۲۷۰	۱۱۵۷	۱۲۲۷	۱۴۹۷	۴۱۱	۳۲۷۳	۸۱-۸۰
۵۰۴۰	۰	۵۷	۴/۵	۱۲۴	۳۱۰	۱۶۱	۲۰۸	۵۷۴۴	۰	۴۱۹	۳۴۹	۷۶۷	۷۳	۱۴۹۷	۱۵۷۶	۱۵۰۳	۷۳۰	۳۴۰۱	۸۲-۸۱
۵۵۴۳	۰	۵۷	۱۰/۹	۹۵	۳۵۲	۱۶۲	۲۲۵	۶۲۸۳	۰	۵۱۷	۲۵۶	۷۷۳	-۱۵۸۲	۱۵۰۳	۱۷۸۱	۳۳۶۴	۷۳۰	۳۷۲۹	۸۳-۸۲
۶۸۰۱	۷/۸	۹۰	۳۴/۸	۴۱۶	۴۵۹	۱۶۸	۲۴۶	۸۰۵۴	۰	۳۵۶	۱۷۶	۵۳۲	۱۸۰۷	۳۳۶۴	۳۶۴۶	۱۸۳۹	۲۸۳۲	۳۸۷۶	۸۴-۸۳
۶۲۶۵	۷/۸	۸۵	۷۳/۹	۲۱۳	۴۲۵	۱۹۰	۲۵۵	۷۳۲۵	۰	۳۵۶	۳۰۲	۶۵۸	۳۰۶	۱۸۳۹	۲۱۰۸	۱۸۰۲	۱۱۸۲	۴۵۵۹	۸۵-۸۴
۶۴۲۵	۷/۸	۸۵	۸۱	۱۶۲	۴۴۰	۱۹۳	۲۶۳	۷۴۶۵	۴۱	۳۵۶	۲۰۵	۶۰۲	۶۹۲	۱۸۰۲	۱۹۱۵	۱۲۲۳	۱۱۹۹	۴۹۸۸	۸۶-۸۵
۵۳۴۳	۷/۸	۶۵	۳۸/۲	۷۴	۳۷۲	۲۱۹	۳۰۳	۶۲۰۳	۶۹	۳۵۶	۹۱	۵۱۶	۶۱۶	۱۲۲۳	۱۲۹۶	۶۸۰	۷۰۷	۴۴۵۹	۸۶-۸۷
۴۳۶۱	۷/۸	۶۵	۴/۷	۵۹	۳۱۸	۲۲۱	۳۱۱	۵۱۲۶	۱۴۲	۳۲۹	۱۲۴	۵۹۶	-۵۴۴	۶۸۰	۸۱۶	۱۳۶۰	۸۵	۳۸۵۷	۸۸-۸۷
۴۶۵۸	۷/۸	۶۵	۵	۹۶	۳۵۲	۲۲۷	۳۲۳	۵۵۰۸	۹۲	۵۰۰	۱۸۹	۷۸۱	۶۶۶	۱۳۶۰	۱۴۵۳	۷۸۷	۵۷۹	۳۳۶۶	۸۹-۸۸
۳۷۹۵	۷/۸	۶۵	۰/۹	۶۲	۲۷۱	۲۱۶	۳۱۳	۴۵۱۵	۹۷	۲۸۸	۱۷۸	۵۶۳	-۲۰۹	۷۸۷	۸۹۰	۱۰۹۹	۲۲۵	۳۱۵۹	۹۰-۸۹

[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45] [DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9] [Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]

میزان مصرف آب کشاورزی	انتقال از تونل گلاب ۱ و ۲ به کاشان و دلیجان	انتقال آب به یزد	آب ورودی به تالاب در ورزنه	نیاز آبی رودخانه و گردشگری از سرچشمه تا تالاب روشن تنانت و موتنانا	تقاضای آب صنعت و معدن در زاینده رود	سرانه شرب به لیتر به روز*	تقاضای بخش شرب زاینده رود	جمع کل عرضه آب در حوضه زاینده رود	تونل چشمه لنگان و خدنگستان	کانال دوم	کانال اول	انتقالی دو تونل + لنگان+ خدنگستان	ذخیره سد	عرضه آب سطحی زاینده رود	آب ورودی به سد	خروجی آب از سد	برآورد طبیعی زاینده رود	عرضه آب زیرزمینی	سال آبی
۳۶۴۶	۷/۸	۶۵	۵/۲	۷۵	۲۴۰	۲۲۳	۳۲۷	۴۳۶۶	۱۱۲	۲۷۷	۱۲۹	۵۱۸	۱۳۱	۱۰۹۹	۱۲۱۰	۱۰۷۹	۵۸۱	۲۷۵۰	۹۱-۹۰
۳۵۹۴	۷/۸	۶۵	۱/۸	۷۹	۲۲۹	۲۳۲	۳۴۴	۴۳۲۰	۱۳۸	۴۵۰	۱۱۱	۶۹۹	۵۱۹	۱۰۷۹	۱۲۲۵	۷۰۶	۳۸۰	۲۵۳۴	۹۲-۹۱
۳۱۰۸	۷/۸	۶۵	۴/۷	۵۸	۱۹۴	۲۳۹	۳۶۰	۳۷۹۷	۱۷۵	۳۹۸	۱۴۴	۷۱۶	-۵۰۹	۷۰۶	۸۹۶	۱۴۰۵	-۱۰	۲۳۵۹	۹۳-۹۲
۳۹۱۹	۷/۸	۶۵	۷/۲	۱۰۶	۲۲۶	۲۴۷	۳۷۶	۴۷۰۷	۱۲۴	۴۷۸	۲۲۲	۸۲۳	۱۲۴	۱۴۰۵	۱۵۲۹	۱۴۰۵	۵۸۲	۲۴۷۹	۹۴-۹۳
۳۵۴۶	۷/۸	۶۵	۷/۲	۷۶	۱۸۹	۲۵۶	۳۹۵	۴۲۸۶	۷۳	۳۸۴	۲۲۲	۶۷۸	۵۷	۱۳۲۵	۱۳۸۲	۱۳۲۵	۶۴۷	۲۲۹۸	۹۵-۹۴

ارقام به میلیون مترمکعب است. *سرانه به لیتر به روز شامل مصرف خانگی، فضای سبز، تجاری و عمومی است.

[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45] [DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9] [Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]

روش‌های کمی تعیین نیاز زیست‌محیطی رودخانه بر اساس این تفکر شکل گرفته‌اند که پس از احداث سد برای حفظ شرایط طبیعی رودخانه جریان حداقلی از آب، مورد نیاز است.

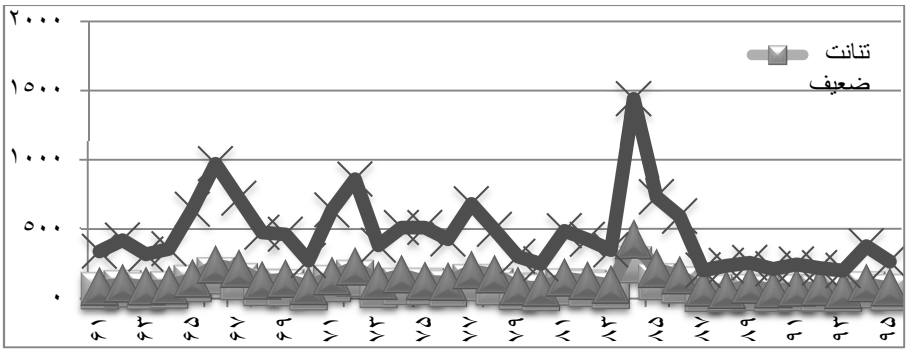
جدول ۳.درصد سهم از میانگین سالانه رودخانه جهت نیاز زیست‌محیطی در روش تنانت (مونتانا)

کیفیت حیات رودخانه	نیم سال اول سال آبی ۶ ماه دوم سال شمسی	نیم سال دوم سال آبی ۶ ماه اول سال شمسی
بهینه	۶۰ - ۱۰۰	۶۰-۱۰۰
بسیار عالی	۴۰	۶۰
عالی	۳۰	۵۰
خوب	۲۰	۴۰
قابل قبول	۱۰	۳۰
ضعیف	۱۰	۱۰
کمبود شدید	کوچک‌تر از ۱۰	کوچک‌تر از ۱۰

وزارت نیرو، ۱۳۸۶ مقیاس جدول: درصد

روش مونتانا یا تنانت (۱۹۷۶) بر پایه مطالعات گسترده و متداوم رودخانه‌های بزرگ و دایمی (بیشتر از ۱۰۰ کیلومتر طول) ایالت مرکزی- غربی آمریکا با برقراری رابطه بین جریان رودخانه و حفظ محیط‌زیست و حفظ طبیعت ریپارین رودخانه توسعه داده شد. نیاز زیست محیطی زاینده رود و تالاب به حداقل آب مورد نیاز به عنوان حداقل نیاز اساسی (مانند ضریب گاما در تابع مصرف کلین- روبین) زیست محیطی رودخانه و تالاب (تعادل بیولوژیک) در نظر گرفته می‌شود. در این روش حداقل میزان رهاسازی به صورت درصد مشخصی از میانگین سالیانه دبی رودخانه بر اساس کیفیت مورد نظر محیط‌زیست رودخانه محاسبه می‌گردد. به منظور برآورد حق‌آبه طبیعی رودخانه و بخش گردشگری از روش مونتانا (تنانت) تحت سه سناریوی مختلف تنانت ضعیف، قابل قبول و بهینه در دوره ۱۳۶۱-۱۳۹۵ استفاده شد، که به ترتیب ۷۷/۷، ۱۳۰/۵ و ۴۶۶/۵ میلیون مترمکعب در سال برآورد شد. در این پژوهش به منظور صحت دقیق نتایج محاسبه نیاز محیط‌زیست و گردشگری زاینده‌رود، از داده‌های ماهیانه استفاده شد و سپس تبدیل به داده‌های سالیانه آبی شد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]



نمودار ۱. حق‌آبه محیط‌زیست و گردشگری زاینده‌رود در سه سناریوی مختلف با روش مونتانا (تنانت)

منبع: یافته‌های پژوهش میلیون مترمکعب

٦.نتایج

میزان تخصیص آب زاینده رود به هر بخش از بخش‌های صنعتی، کشاورزی، آب شرب مصرفی، تالاب گاوخونی، انتقال به دیگر شهرها و سهم گردشگری رودخانه با استفاده از نظریه ورشکستگی اشاره شده در قسمت روش شناسی پژوهش، محاسبه و نتایج حاصل از روش‌های مختلف با یکدیگر مقایسه گردید. در جدول‌های شماره۳، ۵ و ۷ میزان تخصیص به میلیون متر مکعب و در جدول‌های شماره ۴ ،۶ و ۸ میزان درصد تخصیص ارائه شده است. سپس تخصیص بر اساس هر کدام از روش‌ها با میزان مطالبه هر بخش مقایسه شده است.

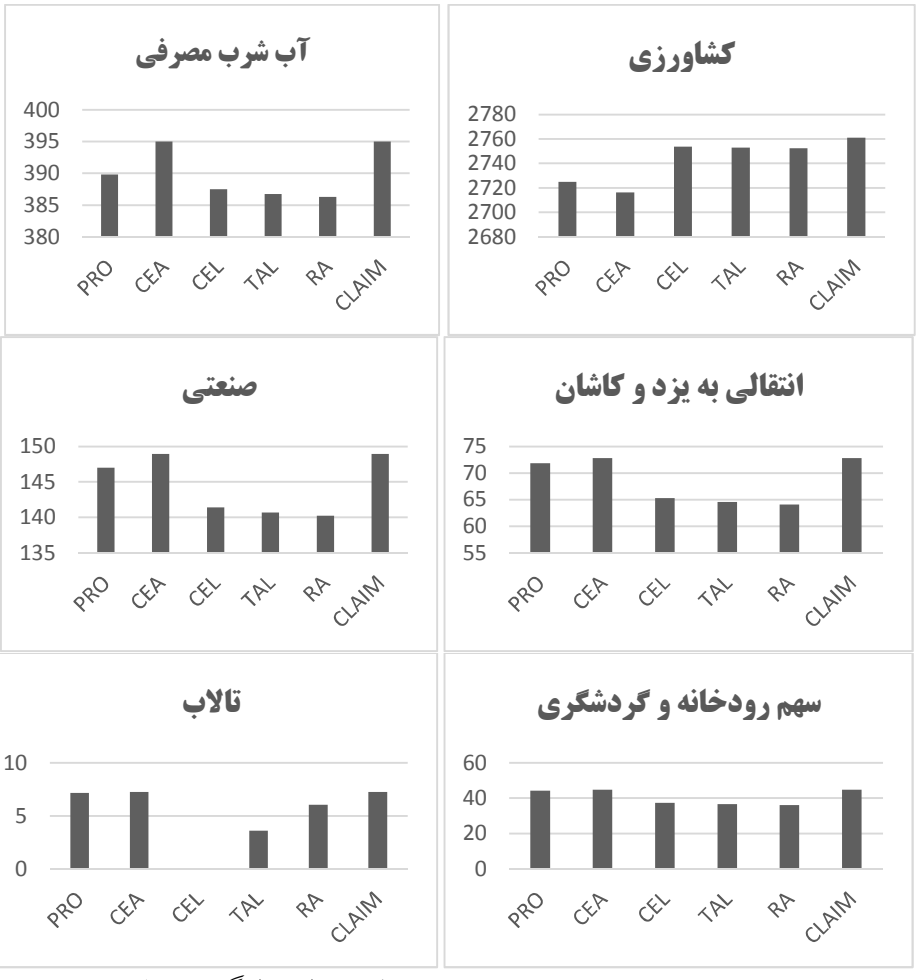
جدول ٤. میزان آب تخصیص یافته به هر بخش در سال ۱۳۹۵ (با در نظر گرفتن حداقل نیاز رودخانه و گردشگری) میلیون متر مکعب

بخش	میزان مطالبه و نیاز	*PRO*	*CEA*	*CEL*	*Tal*	*Ra*
آب شرب مصرفی	۳۹۵	۳۸۹/۸۴	۳۹۵	۳۸۷/۴۸	۳۸۶/۷۶	۳۸۶/۲۷
کشاورزی	۲۷۶۱/۱۴	۲۷۲۵/۰۵	۲۷۱۶/۳۰	۲۷۵۳/۶۲	۲۷۵۲/۹۰	۲۷۵۲/۴۱
صنعتی	۱۴۸/۹۴۵	۱۴۶/۹۹	۱۴۸/۹۴	۱۴۱/۴۲	۱۴۰/۷۰	۱۴۰/۲۱
انتقالی	۷۲/۸	۷۱/۸۵	۷۲/۸۰	۶۵/۲۸	۶۴/۵۶	۶۴/۰۷
تالاب	۷/۲۴۸۱	۷/۱۵	۷/۲۵	۰	۳/۶۲	۶/۰۴
گردشگری(سهم رودخانه)	۴۴/۸۴۳۶	۴۴/۲۶	۴۴/۸۴	۳۷/۳۳	۳۶/۶۰	۳۶/۱۲

منبع: محاسبات پژوهش

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

در نمودار ۲ و جدول ۴، معیار مطالبه سهم گردشگری و نیاز رودخانه، حداقل نیاز ممکن در نظر گرفته شده است؛ بر اساس این معیار بجز بخش کشاورزی، در مابقی بخش‌ها روش CEA به میزان مطالبه هرکدام نزدیک‌تر است. البته علت این که در بخش کشاورزی CEA کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است و از میزان ادعا و مطالبه این بخش فاصله زیادی دارد به نحوه توزیع بر اساس این قانون برشد.



نمودار ۲. مقایسه معیارهای مختلف میزان تخصیص به هر بخش در سال ۱۳۹۵ (*با در نظر گرفتن حداقل نیاز رودخانه و گردشگری*)

منبع: محاسبات پژوهش میلیون متر مکعب

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

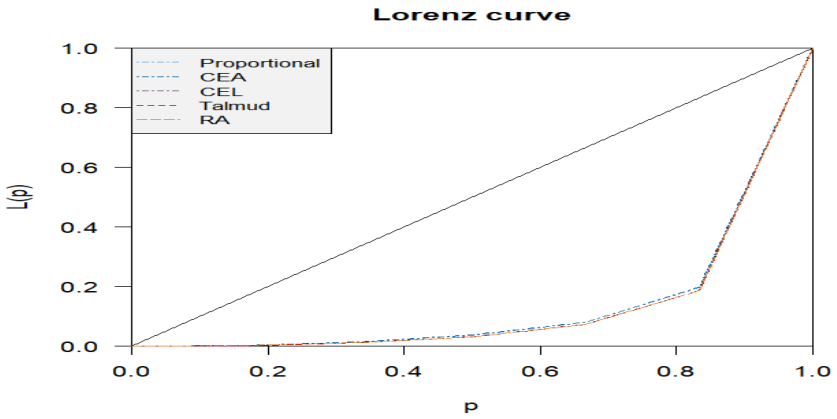
طبق قانون CEA ابتدا کمترین درخواست موجود(سهم تالاب) برای همه بخش‌ها تخصیص داده می‌شود و سپس با حذف آن بخش، همین روند برای بقیه نیز در نظر گرفته می‌شود تا میزان منابع آبی زاینده رود به اتمام برسد. با توجه به این که بخش کشاورزی نسبت به بقیه بخش‌ها، سهم بسیار بیشتری از موجودی منابع آبی زاینده رود را به خود اختصاص می‌دهد، هر میزانی که در نهایت باقی مانده به بخش کشاورزی رسیده است. همچنین برای همه بخش‌ها، بجز بخش تالاب، میزان تخصیص توسط قوانین CEL و Tal، تقریبا مشابه هم می‌باشند. علت این امر نیز به تشابه تخصیص این قوانین در این مساله برشد. از آنجا که موجودی منابع آبی زاینده رود در سال ۱۳۹۵، ۳۳۸۵/۱۳ میلیون متر مکعب بوده و این مقدار بیش از نیمی از مجموع نیازهاست، پس همه نیمی از تقاضای خود را دریافت کرده و برای باقی مانده تقاضا، قانون CEL اجرا می‌شود. بنابراین در این مساله خاص CEL و Tal مشابه هم عمل می کنند. با این تفاوت که Tal ابتدا نصف تقاضاها را تخصیص داده و سپس CEL را اجرا می کند. قانون CEL بر عکس CEA اولویت را به تقاضاهای بیشتر می‌دهد؛ به همین دلیل بیشترین درصد تخصیص به بخش کشاورزی(۹۹/۷۲درصد) و کمترین درصد تخصیص نیز به بخش تالاب(صفر درصد) داده شده است.

جدول ۵. ضریب جینی توزیع آب زاینده‌رود براساس مدل‌های مختلف نظریه ورشکستگی (با لحاظ حداقل نیاز رودخانه و گردشگری)

	PRO	*CEA*	*CEL*	*Tal*	*Ra*
ضریب جینی توزیع	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۳

منبع: محاسبات پژوهش

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]



نمودار ۳. منحنی لورنز توزیع آب زاینده‌رود بر اساس مدل‌های مختلف نظریه ورشکستگی (با لحاظ حداقل نیاز رودخانه و گردشگری)

منبع: محاسبات پژوهش

با توجه به جدول ۵ و نمودار ۳، به منظور ارزیابی و انتخاب روش یا روش‌های مناسب‌تر، از شاخص ضریب جینی و منحنی لورنز می‌توان استفاده کرد. در مساله تخصیص آب زاینده رود به نظر می‌رسد در حالت کلی، روش‌های قانون نسبی(PRO) و CEA نابرابری کمتری در تخصیص منابع آبی زاینده رود به بخش‌های مختلف نسبت به سه قانون دیگر دارند. البته در قانون نسبی، درصد تخصیص بر اساس تقاضای اعلام شده به طور کاملا یکسان بین همه بخش‌ها توزیع می‌شود و طبیعی است که توزیع عادلانه‌تری نسبت به بقیه باشد. در این مساله قانون CEA نیز نسبت به بقیه توزیع با نابرابری کمتری را نشان می‌دهد. در جدول ۵ و نمودار۴، محاسبات تخصیص آب زاینده رود به بخش‌های مختلف بر اساس سناریوی دوم سهم گردشگری و رودخانه تکرار شده است. در این قسمت حق آبه محیط‌زیست و گردشگری بر اساس روش تنانت قابل قبول، ۷۶/۱۶۴۵ میلیون متر مکعب در نظر گرفته شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

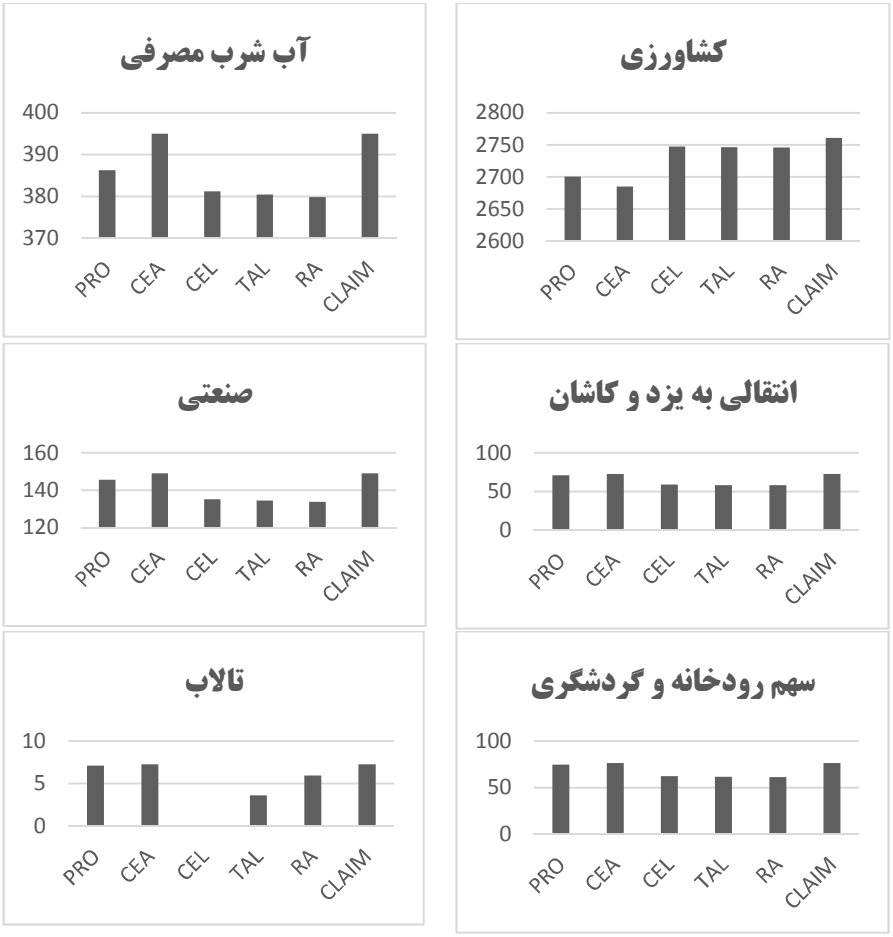
جدول ۵. میزان آب تخصیص یافته به هر بخش در سال ۱۳۹۵ (با در نظر گرفتن متوسط نیاز رودخانه و گردشگری) میلیون متر مکعب

بخش	میزان مطالبه و نیاز	*PRO*	*CEA*	*CEL*	*Tal*	*Ra*
آب شرب مصرفی	۳۹۵	۳۸۶/۳۱	۳۹۵	۳۸۱/۲۲	۳۸۰/۴۹	۳۷۹/۹۰
کشاورزی	۲۷۶۱/۱۴	۲۷۰۰/۳۹	۲۶۸۴/۹۸	۲۷۴۷/۳۶	۲۷۴۶/۶۳	۲۷۴۶/۰۴
صنعتی	۱۴۸/۹۴۵	۱۴۵/۶۶	۱۴۸/۹۴	۱۳۵/۱۶	۱۳۴/۴۳	۱۳۳/۸۴
انتقالی	۷۲/۸	۷۱/۲	۷۲/۸	۵۹/۰۲	۵۸/۲۹	۵۸/۳۷
تالاب	۷/۲۴۸۱	۷/۰۹	۷/۲۵	۰	۳/۶۲	۵/۹۳
گردشگری(سهم رودخانه)	۷۶/۱۶۴۵	۷۴/۴۹	۷۶/۱۶	۶۲/۳۸	۶۱/۶۶	۶۱/۰۶

منبع: محاسبات پژوهش

بر اساس این سناریو نیز، بجز بخش کشاورزی، در مابقی بخش‌ها روش CEA به میزان مطالبه هرکدام نزدیک‌تر است. همچنین برای همه بخش‌ها، بجز بخش تالاب، میزان تخصیص توسط قوانین CEL و Tal، تقریبا مشابه هم می‌باشند. براساس قانون CEL، هیچگونه حق آبه‌ای به تالاب نخواهد رسید. بیشترین درصد تخصیص سهم گردشگری از میزان مورد نیاز، توسط CEA و کمترین درصد تخصیص توسط RA محاسبه شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]



نمودار٤. مقایسه معیارهای مختلف میزان تخصیص به هر بخش در سال ۱۳۹۵ (با در نظر گرفتن متوسط نیاز رودخانه و گردشگری)

منبع: محاسبات پژوهش میلیون متر مکعب

جدول ٦.ضریب جینی توزیع آب زاینده‌رود براساس مدل‌های مختلف نظریه ورشکستگی (با لحاظ متوسط نیاز رودخانه و گردشگری)

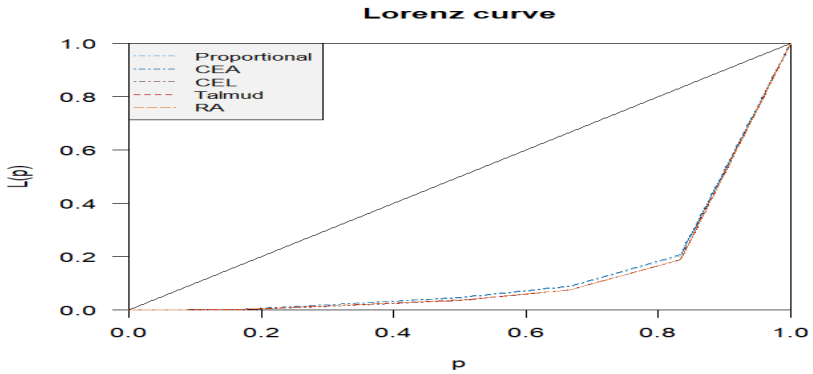
	PRO	*CEA*	*CEL*	*Tal*	*Ra*
ضریب جینی توزیع	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۳

منبع: محاسبات پژوهش

با توجه به جدول ۶ و نمودار ۵، مجددا به منظور ارزیابی و انتخاب روش یا روش‌های مناسب‌تر، از شاخص ضریب جینی و منحنی لورنز استفاده شده است. در مساله تخصیص

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

آب زاینده رود به نظر می‌رسد در این حالت نیز، روش‌های قانون نسبی(PRO) و CEA نابرابری کمتری در تخصیص منابع آبی زاینده رود به بخش‌های مختلف نسبت به سه قانون دیگر دارند.



نمودار۵. منحنی لورنز توزیع آب زاینده‌رود بر اساس مدل‌های مختلف نظریه ورشکستگی (با لحاظ نیاز متوسط رودخانه و گردشگری)

منبع: محاسبات پژوهش

در نهایت در جدول ۷ و نمودار۶، تخصیص آب زاینده رود به بخش‌های مختلف بر اساس سناریوی سوم سهم گردشگری و رودخانه محاسبه و ارائه شده است. در این قسمت حق آبه محیط زیست و گردشگری بر اساس تنانت بهینه، ۲۶۹/۰۶۱۷ میلیون متر مکعب در نظر گرفته شده است.

جدول ۷. میزان آب تخصیص یافته به هر بخش در سال ۱۳۹۵(با در نظر گرفتن نیاز رودخانه و گردشگری در حد بهینه)

بخش	میزان مطالبه و نیاز	*PRO*	*CEA*	*CEL*	*Tal*	*Ra*
آب شرب مصرفی	۳۹۵	۳۶۵/۹۲	۳۹۵	۳۴۲/۶۴	۳۳۷/۷۴	۳۲۴/۴۰
کشاورزی	۲۷۶۱/۱۴	۲۵۵۷/۸۴	۲۴۹۲/۰۸	۲۷۰۸/۷۸	۲۷۰۳/۸۸	۲۶۹۰/۵۴
صنعتی	۱۴۸/۹۴۵	۱۳۷/۹۷	۱۴۸/۹۴	۹۶/۵۸	۹۱/۶۸	۱۱۱/۷۰
انتقالی	۷۲/۸	۶۷/۴۴	۷۲/۸	۲۰/۴۴	۳۶/۴۰	۵۴/۶۰
تالاب	۷/۲۴۸۱	۶/۷۱	۷/۲۵	۰	۳/۶۲	۵/۴۴
گردشگری(سهم رودخانه)	۲۶۹/۰۶۱۷	۲۴۹/۲۵	۲۶۹/۰۶	۲۱۶/۷۰	۲۱۱/۸۰	۱۹۸/۴۶

منبع: محاسبات پژوهش میلیون متر مکعب

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

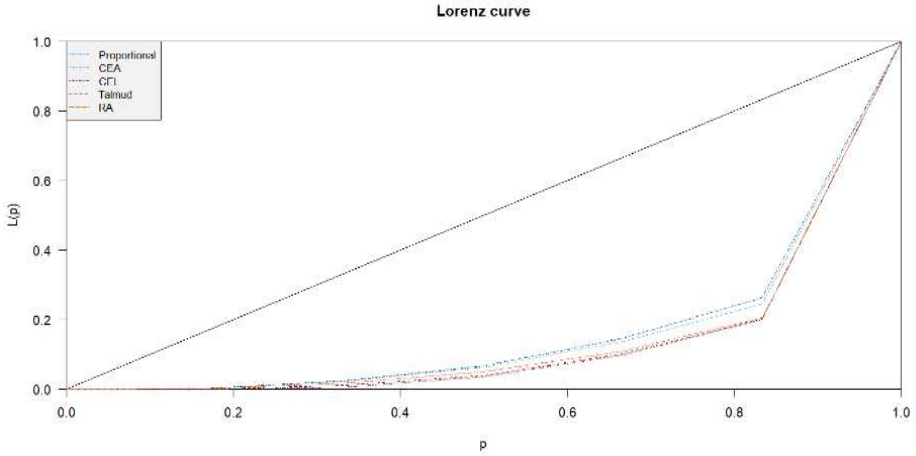
نمودار ٦. مقایسه معیارهای مختلف میزان تخصیص به هر بخش در سال ۱۳۹۵ (با در نظر گرفتن نیاز بهینه رودخانه و گردشگری)

منبع: محاسبات پژوهش میلیون متر مکعب

به هر حال نکته‌ای که لازم است ذکر شود این که، قوانین فوق هر کدام سعی می‌کنند منابع آبی ناکافی زاینده رود را به طور عادلانه و منصفانه بین تقاضاکنندگان و 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 اساس هر روش به ماهیت مساله موجود نیز توجه داشت(میرشفیعی و همکاران،

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

۱۳۹۴). انجام مطالعات اجتماعی و شناخت بهتر منطقه شرط لازم برای شناسایی روش مناسب است. آنچه مقاله حاضر به آن تاکید می‌کند تخصیص عادلانه و علمی منابع ناکافی آب زاینده رود به بخش‌های مختلف و لحاظ کردن سهم گردشگری و رودخانه است؛ مساله‌ای که کمبود آن در چند سال اخیر به شدت احساس می‌شد.



نمودار۷. منحنی لورنز توزیع آب زاینده‌رود بر اساس مدل‌های مختلف نظریه ورشکستگی (با در نظر گرفتن نیاز بهینه رودخانه و گردشگری)

منبع: محاسبات پژوهش

جدول ۸. ضریب جینی توزیع آب زاینده‌رود بر اساس مدل‌های مختلف نظریه ورشکستگی (با لحاظ نیاز بهینه رودخانه و گردشگری)

	PRO	*CEA*	*CEL*	*Tal*	*Ra*
ضریب جینی توزیع	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۱

منبع: محاسبات پژوهش

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

۷.جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

خشکسالی‌های چند سال اخیر، به ویژه در منطقه اصفهان و حوزه آبریز زاینده رود باعث شده تا مناقشه جدی بر سر تخصیص منابع آب ناکافی زاینده رود صورت گیرد. این مناقشه حتی تا بدانجا پیش رفت که گاهی رنگ و بوی سیاسی و امنیتی نیز به خود گرفته است. از طرف دیگر، بستن رودخانه زاینده رود و خشکی رودخانه، علاوه بر ناخوشایندی ظاهری و فقدان طراوت قبلی و زیبایی شهری، آثار مخرب و زیانباری بر اقتصاد شهری اصفهان به‌ویژه در حوزه گردشگری داشته است. در نظر گرفتن مقادیری از منابع آبی رودخانه به عنوان سهم گردشگری و خود رودخانه زاینده رود از موضوعات مهم مدیریت شهری اصفهان است. در این مقاله نحوه تخصیص منابع ناکافی آب زاینده رود در سال ۱۳۹۵ به ۶ بخش عمده آب شرب مصرفی، کشاورزی، صنعتی، تالاب، انتقال به یزد و کاشان و سهم گردشگری با استفاده از نظریه بازی‌های همکارانه و نظریه ورشکستگی و استفاده از ۵ روش مختلف تخصیص (قانون نسبی(PRO)، CEA، CEL، Tal و Ra) ارزیابی گردید. به منظور برآورد حق‌آبه طبیعی رودخانه و بخش گردشگری از روش مونتانا (تنانت) تحت سه سناریوی مختلف تنانت ضعیف، قابل قبول و بهینه در دوره ۱۳۶۱-۱۳۹۵ استفاده شد، که به ترتیب نیاز رودخانه یا همان تقاضای بخش گردشگری ۷۷/۷، ۱۳۰/۵ و ۴۶۶/۵ میلیون مترمکعب در سال برآورد شد. نتایج پژوهش نشان داد که در هر سه سناریو روش CEA، مطلوب‌ترین روش برای ۵ بخش (به جز بخش کشاورزی) بود علت این امر به نحوه توزیع بر اساس این قانون است. طبق قانون CEA ابتدا کمترین درخواست موجود (سهم تالاب) برای همه بخش‌ها تخصیص داده می‌شود و سپس با حذف آن بخش، همین روند برای بقیه نیز در نظر گرفته می‌شود تا میزان منابع آبی زاینده رود به اتمام برسد. با توجه به این که بخش کشاورزی نسبت به بقیه بخش‌ها، سهم بسیار بیشتری از موجودی منابع آبی زاینده رود را به خود اختصاص می‌دهد، هر میزانی که در نهایت باقی مانده به بخش کشاورزی رسیده است. همچنین برای همه بخش‌ها، بجز بخش تالاب، میزان تخصیص توسط قوانین CEL و Tal، تقریبا مشابه هم می‌باشند. علت این امر

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

نیز به تشابه تخصیص این قوانین در این مساله برشد. از آنجا که موجودی منابع آبی زاینده رود در سال ۱۳۹۵، ۳۳۸۵/۱۳ میلیون متر مکعب بوده و این مقدار بیش از نیمی از مجموع نیازها است، پس همه بخش‌ها نیمی از تقاضای خود را دریافت کرده و برای باقی مانده تقاضا، قانون CEL اجرا می‌شود. بنابراین در این مساله خاص CEL و Tal مشابه هم عمل می‌کنند. با این تفاوت که Tal ابتدا نصف تقاضاها را تخصیص داده و سپس CEL را اجرا می کند. قانون CEL بر عکس CEA اولویت را به تقاضاهای بیشتر می‌دهد؛ به همین دلیل بیشترین درصد تخصیص به بخش کشاورزی(۹۹/۷۲درصد) و کمترین درصد تخصیص نیز به بخش تالاب(صفر درصد) داده شده است. همچنین به منظور ارزیابی و انتخاب روش یا روش‌های مناسب‌تر، از شاخص ضریب جینی و منحنی لورنز می‌توان استفاده کرد. در مساله تخصیص آب زاینده رود به نظر می‌رسد در حالت کلی، روش‌های قانون نسبی(PRO) و CEA نابرابری کمتری در تخصیص منابع آبی زاینده رود به بخش‌های مختلف نسبت به سه قانون دیگر دارند. البته در قانون نسبی، درصد تخصیص بر اساس تقاضای اعلام شده به طور کاملا یکسان بین همه بخش‌ها توزیع می‌شود و طبیعی است که توزیع عادلانه‌تری نسبت به بقیه باشد؛ اما در این مساله خاص قانون CEA نیز نسبت به بقیه توزیع با نابرابری کمتری را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج پژوهش به دلیل کاهش عرضه مستمر آب در حوضه زاینده‌رود و افزایش شدید تقاضا به دلایل مختلف ذکر شده، که منجر به شکاف تقاضای مزمن و فزاینده شده است، پیشنهاد شد سیاست‌گذاران در حوضه آبریز زاینده‌رود از روش‌های مختلف تئوری ورشکستگی به منظور تخصیص منابع آب زاینده‌رود بین تقاضاهای ناسازگار استفاده نمایند تا نابرابری در توزیع به سمت صفر میل نماید. در پایان برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود، روش‌های دیگری از نظریه ورشکستگی همچون پاینال و یا از محاسبات دیگری چون نوکلئوس نیز استفاده شود.

تقدیر و تشکر

این مقاله استخراجی از طرح پژوهشی با عنوان " کاربرد تئوری ورشکستگی و تقاضاهای ناسازگار در حل مناقشه تخصیص منابع آب زاینده‌رود "با حمایت مالی دانشگاه آیت ا... بروجردی است که با کد "۱۵۶۶۴-۱۷۰۰۵۴" در سامانه سمات ثبت گردیده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

منابع و مآخذ

- Abdoli, Gh. (1395). Game theory and its applications (static and dynamic games with complete information), Jihad Daneshgahi Publications: 454. (In Persian)
- Akbari, N., Niksokhan, M., Ardestani, M. (2014). Optimization of Water Allocation using Cooperative Game Theory Case Study: Zayandehrud Basin. *Journal of Environmental Studies*, 40(4), 875-889. doi: 10.22059/jes.2014.53004. (In Persian)
- Ansink,E. 2009. Game-theoretic models of water allocation in transboundary river basins, Wageningen University.
- Aumann RJ, Maschler M (1985). Game Theoretic Analysis of a bankruptcy from the Talmud." *Journal of Economic Theory*, **36**, 195(213).
- Becker, N., Easter, K.W., (1995). Water diversions in the great lakes basin analyzed in a game theory framework. Water Resources Management 9 (3).
- Cano-Berlanga, S., Gim´enez-G´omez, J.M., Vilella, C. (2017). Enjoying cooperative games:The R package GameTheory. Project ECO2011-22765.
- Danesh yazdi, M., Abrishamchi, A., Tajrishy, M. (2014). Conflict Resolution of Water Resources Allocations Using the Game Theoretic Approach: The Case of Orumieh River Basin. *Journal of Water and Wastewater; Ab va Fazilab (in persian)*, 25(2), 48-57. (In Persian)
- DeCanio, S. J., & Fremstad, A. (2013). Game theory and climate diplomacy. Ecological Economics, 85, 177-187.
- Dinar, A. (2004). Exploring transboundary water conflict and cooperation. Water Recourses Research 40 (5), W05S01. doi:10.1029/2003WR002598.
- Dufournaud, C.M., 1982. On the mutually beneficial cooperative scheme: dynamic change in the payoff matrix of international river basin schemes. Water Resources Research 18 (4), 764–772.
- Elimam, L., Rheinheimer, D., Connell, C., Madani, K., (2008). An ancient struggle: a game theory approach to resolving the nile conflict. In: Babcock, R.W., Walton, R. (Eds.), Proceeding of the 2008 World Environmental and Water Resources Congress, Honolulu, Hawaii. American Society of Civil Engineers, pp. 1–10.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

- Farhadi, S.; Nikoo, M.R.; Rakhshandehroo, G.R.; Akhbari, M; Alizadeh, M.R. (2016). An agent-based-nash modeling framework for sustainable groundwater management: A case study. Agric. Water Manag, 177, 348–358.
- Fernandez, L., (2009). Wastewater pollution abatement across an international border. Environment and Development Economics 14 (1), 67.
- Fisvold, G.B., Caswell, M.F., (2000). Transboundary water management: gametheoretic lessons for projects on the US–Mexico border. Agricultural Economics 24, 101–111.
- Hajjian, N., Hajjian, P. (2013). Zayandeh Rood database, along with graphical analysis, ready for publication. (In Persian)
- Han, Q., Tan, G., Fu, X., Mei, Y., & Yang, Z. (2018). Water resource optimal allocation based on multi-agent game theory of HanJiang river basin. Water, 10(9), 1184.
- Iran Water Resources Management Company (2018). Daily reports of hydrometric stations and groundwater resources. (In Persian)
- Jalili Kamjo, P. (2018). Assessing the Nonlinear Relationship between Water and Economic Growth in the Provinces of Iran: Application of SAR model, Quarterly Journal of Natural Environment, University of Tehran, in the print run of 2020. (In Persian)
- jalili kamjoo, S., khoshakhlagh, R. (2016). Using the game theory in optimal allocation of water in Zayandehrud. *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 5(18), 53-80. doi: 10.22084/aes.2016.1494. (In Persian)
- Jalili Kamju, S. (2016). Application of Mechanism Design and Matching Theory to Water Market Design: An Institutional Approach. *Journal of Economics and Modeling*, 7(26), 121-158. (In Persian)
- Jalili Kamju, S. (2018). Economic Value Evaluation of Underground Water Extract by Farmers. *Environmental Researches*, 9(17), 95-110. (In Persian)
- Khochian, R., Jalili Kamjo, S. (2019). Evaluation of kernel Causality between Groundwater Extraction and Economic Growth: Application of Nadaraya-Watson kernel Regression Model. *Irrigation and Water Engineering*, 9(4), 147-159. doi: 10.22125/iwe.2019.90260. (In Persian)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

- Kicsiny, R., & Varga, Z. (2019). Differential game model with discretized solution for the use of limited water resources. Journal of Hydrology, 569, 637-646.
- Kucukmehmetoglu, M. (2012). An integrative case study approach between game theory and Pareto frontier concepts for the trans boundary water resources allocations, Journal of Hydrology 450– 451(0): 308-319.
- Kucukmehmetoglu, M., Guldmen, J., (2004). International water resources allocation and conflicts: the case of the euphrates and tigris. Environment and Planning A, 36 (5): 783–801.
- Liu, B., Huang, J. J., McBean, E., & Li, Y. (2020). Risk assessment of hybrid rain harvesting system and other small drinking water supply systems by game theory and fuzzy logic modeling. *Science of The Total Environment*, *708*: 134-156.
- Loaiciaga, H. (2004). Analytical game theoretic approach to groundwater extraction. Journal of Hydrology, 297: 22–33.
- Madani, K. & Hipel, W. (2011). Non-cooperative stability definitions for strategic analysis of generic water resources conflicts. Water resources management, 25(8):1949-1977.
- Madani, K. (2010). Game theory and water resources. Journal of Hydrology, 381: 25-38.
- Madani, K., Hipel, K.W., (2007). Strategic insights into the Jordan River conflict. In: Kabbes, K.C. (Ed.), Proceeding of the 2007 World Environmental and Water Resources Congress, Tampa, Florida. American Society of Civil Engineers, 1– 10.
- Madani, K.; Zarezadeh, M.; Morid, S. (2014). A new framework for resolving conflicts over transboundary rivers using bankruptcy methods. Hydrol. Earth Syst. Sci, 18, 3055–3068.
- Mahmoudinia D, Engwerda J, Dallali Esfahani R, Bakhshi Dastjerdi R, Fakhar M.(2016). Strategic Interaction Between Government and Central Bank in Framework of Cooperative and Non-Cooperative Games. jemr. 6 (24) :83-121. (In Persian)
- Mazandaranizade, H., Ghaheri, A., Abdoli, Gh.(2018). A conflict resolution model among municipal and agricultural users by game theory for sustainable operation of a common aquifer. *Agricultural Economics and Development*, 17(68), 77-102. .(In Persian)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

- Mirshafee, S., Ansari, H., Mianabadi, H. (2015). Bankruptcy Methods in Transboundary Rivers Allocation Problems Case study : (Atrak river). *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 9(4), 594-604. (In Persian)
- O'Neill B (1982). \A problem of rights arbitration from the Talmud." Mathematical Social Sciences, 2(4), 345(371).
- Office of Basic Studies of Water Resources (1397). Isfahan Regional Water Company. (In Persian)
- Owen, G. (1995). Game theory, 3rd Edition, Academic Press, New York, NY, USA.
- Pourkazemi, M.H., Valinejad, M. (2014). Application of Game Theory for Water Resources Management between Industry and Agriculture Sectors in Isfahan Province (The Case of: Zayande- Rud River), Journal of Economic Modeling Research, 4(15), 1-42. (In Persian)
- Poursapahi, H., Karachian, R. (2010). Water allocation in common rivers: application of game theory, 6th National Congress of Civil Engineering, Semnan, Semnan University. (In Persian)
- Pourzand, F., Zibaei, M. (2012). Application of game theory for the optimal groundwater extraction in Firozabad plain. *Agricultural Economics*, 5(4), 1-24. (In Persian)
- Rahimi, M.A., Shurian, M., Noorzad, A. (2016). Water Resource Allocation Planning Using Game Theory Approach, 6th National Conference on Water Resources Management, Iran, Kurdistan, Kurdistan University. (In Persian)
- Rathi, S., Ghavami, B. (2018). Comparison of the application of cooperative and non-cooperative approaches to game theory in order to resolve water resources disputes. Third National Conference on Conservation of Natural Resources and Environment. (In Persian)
- Rogers, P. (1969). A game theory approach to the problems of international river basins. Water Resources Research, 5(4): 749–760.
- Safari, N., Zarghami, M. & Szidarovszky, F. (2014). Nash bargaining and leader–follower models in water allocation: Application to the Zarrinehrud River basin, Iran. Applied Mathematical Modeling, 38: 1959-1968.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

- Safavi, H., Rastghalam, M. (2017). Solution to the Water Crisis in the Zayandehrud River Basin; Joint Supply and Demand Management. *Iran Water Resources Research*, 12(4), 12-22. (In Persian)
- Sheikhmohammady, M., Madani, K. (2010). Bargaining over the Caspian Sea–the largest Lake on the earth. In: Babcock, R.W., Walton, R. (Eds.), Proceeding of the 2008 World Environmental and Water Resources Congress, Honolulu, Hawaii. American Society of Civil Engineers, pp. 1–9.
- Shouke Wei, M.A. (2008). On the use of game theoretic models for water resources management, Brandenburg university of Technology in Cottbus, Ph.D. Thesis.
- Siehlow, M., Reif, J., von Hirschhausen, C., Dreuse, A., Koschker, S., Schneider, S., & Werner, R. (2012). Using Methods of Cooperative Game Theory for Water Allocation Management in the Orange Senqu River Basin. In European Association of Environmental and Resource E-conomists 19th Annual Conference. Prague.
- SobuhiM., & MojaradE. (2010). Application of Game Theory for Groundwater Resources Management of Atrak. *Agricultural Economics & Development*, *24*(1). (In Persian)
- Statistics Center of Iran (2018). Statistical yearbook of Isfahan province and Chaharmahal and Bakhtiari province. (In Persian)
- Supalla, R., Klaus, B., Yeboah, O., Bruins, R. (2002). A game theory to deciding who will supply in stream flow water. American Water Resources Association 38 (4): 959–966.
- Wang, L. (2007). Basin-wide cooperative water resources allocation, European Journal of Operational Research doi:10.1016/j.ejor.2007.06.045.
- Wang, L. Z., Fang, L. & Hipel, K. W. (2003). Water resources allocation: A cooperative game theoretic approach. Journal of Environmental Informatics 2 (2): 11-22.
- 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.
- Zarghami, M., Safari, N. (2013). Optimum Water Allocation for Agricultural Section of Zarrinehrud River by Non-Symmetric Nash Modeling. *Agricultural Economics*, 7(2), 107-125. (In Persian)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]
[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

- Zeng, Y., Li, J., Cai, Y., Tan, Q., & Dai, C. (2019). A hybrid game theory and mathematical programming model for solving trans-boundary water conflicts. Journal of Hydrology, 570, 666-681.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]

[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-07]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1399.10.39.2.9]

[DOI: 10.29252/jemr.10.39.45]

Application of the Bankruptcy Theory and Conflicting Claims on Water Resources Allocation of Zayanderud

Seyed Parviz Jalili Kamju[1], Ramin Khochiani[2]

Received: 2019/04/17 Accepted: 2020/04/10

Abstract

Solving the Water conflict and optimal allocation of common water resources are the most important service of cooperative game theory to water economics. Zayandehrud basin is the most important disputed basin in several neighboring provinces in the first class basin of Iran's central plateau. The purpose of this research is to use the game theory with application of Bankruptcy approach (conflicting claims) in order to optimally allocate surface and underground water resources in the Zayandehrud basin, with regard to Zayandehrud need(tourism sector demand), water transfer to Yazd and Kashan, Gavkhoni wetland water use and demand of three sectors: drinking, mining, and agriculture. In order to estimate the river natural water right (tourism sector demand), the Montana method (tenant) was used under three different scenarios: weak, acceptable and optimal tenant during the period 1963-2017, which was 77.7, 130.5, and 466.5 m^3 respectively yearly estimated. The conflicting claims theory in various scenarios for the river water right (tourism sector) showed that in all three proposed scenarios based on five different bankruptcy theory rules, Proportional, Constrained Equal Wards, Constrained Equal Losses, Talmud, Random Arrival, CEA rule was the most desirable method for 5 sectors (except agriculture). In order to choose a more equitable method, the Gini coefficient and the Lorenz curve were used which indicated that CEA rule has less inequality than other rules. Thus, regard to the increasing demand gap in the Zayandehrud Basin, water allocation based on the criteria of bankruptcy theory is proposed.

Keywords: Game theory, conflicting claims, Bankruptcy theory, Tennant, Zayanderud.

JEL Classification: C22,Q25

1 . Assistant Professor at Department of Economics, Ayatollah Borujerdi University, Iran, (Corresponding Author), Email:parviz.jalili@abru.ac.ir

2 . Assistant Professor at Department of Economics, University of Ayatollah Borujerdi, Iran, Email:ramin.khochiani@abru.ac.ir