جمهوری اسلامی ایران

وزارت نیرو

شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران

شرکت سهامی آب منطقه‌ای قم

کمیتهٔ تحقیقات

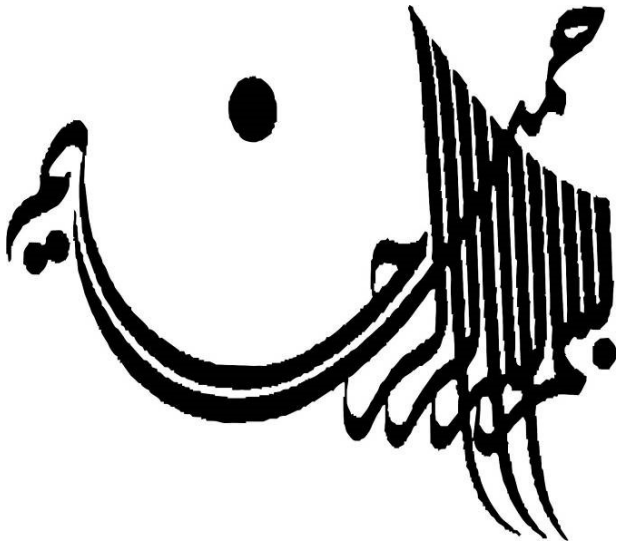
گزارش نهایی

مطالعه منابع و مصارف آب در استان قم و برنامه ریزی و پیش بینی تخصیص منابع در آینده با لحاظ انتقال آب از سرشاخه‌های دز

سازمان مجری: دانشگاه تهران

پژوهشگر: محمد حسین نیک سخن

آبان ۱۴۰۰



چکیده

افزایش روزافزون جمعیت باعث شده است که نیازهای آبی در بخش‌های آب شرب، صنعت و کشاورزی افزایش یابد. این شرایط نیاز به اعمال راه‌کارهایی مؤثر، برای مدیریت بهینه و کارآمد آب با لحاظ مسائل مختلف مانند ارزش آب و مباحث اقتصادی دارد. بنابراین این تحقیق یک روش‌شناسی برای تخصیص بهینه منابع آب در بین نیازهای شرب، کشاورزی و صنعت در استان قم پیشنهاد گردیده است. به دلیل مشکل کم‌آبی در این استان، آب انتقالی از سرشاخهٔ دز برای این استان در نظر گرفته‌شده است که در مدل موردنظر لحاظ شده است. در روش شناسی پیشنهادی، از الگوریتم بهینه‌سازی PSO و تابع هدف مجموع نسبت سود به میزان مصرف‌های مختلف استفاده گردیده است. مدل تخصیص در شرایط فعلی و در دو دیدگاه مدیریت راهبردی و ارزش آب و سه سناریوی تغییر آورد، افزایش جمعیت و افزایش سطح زیر کشت اجرا شد. با توجه به نظرات کارشناسان به کمک پرسشنامه وزن‌هایی برای نیازها و از دو دیدگاه در نظر گرفته شد.در حالت فعلی با توجه به اینکه تخصیصی به آبخوان‌ها صورت نگرفته است، ٦٤٢ میلیون مترمکعب مجموع مقادیر تخصیص یافته به دست آمد. همچنین در سناریوهای اول تا ششم این مقدار برابر با ۹۱۳،۹۱٦،۹۳۰،۷۲۰،۹۵۱،۹۲۰ میلیون مترمکعب می‌باشد. با توجه به اینکه ۹٦۳ میلیون مترمکعب آورد آبی در نظر گرفته شد، سناریو ۱ ارزش آب بهینه‌ترین حالت تخصیص را به خود اختصاص داده است.

کلید واژه‌ها: تخصیص آب، استان قم، اولویت کاربران، ارزش آب، مدیریت راهبردی

.

بسمه تعالی

این پروژه تحقیقاتی با حمایت مالی کمیته تحقیقات شرکت آب منطقه ای قم تحت قرارداد شماره ۵۸۸۱/۱۰۱/۴۹۱۳ مورخ ۱۳۹۳/۰۲/۰۷ با کد QOW-91003 به انجام رسیده است.

فهرست مطالب

۱- فصل اول: مقدمه ای بر موضوع مطالعه ۲

۱-۱ مقدمه ۲

۲- فصل دوم: پیشینه مطالعات ۸

۲-۱ پروژه های انتقال آب درون حوضه ای ۱۰

۲-۲ پروژه های انتقال آب بین حوضه ای ۱۲

۲-۳ پیشینه مطالعات در زمینه انتقال آب بین حوضه ای ۱۴

2-4 پیشینه مطالعه در زمینه مدیریت تخصیص آب و کاربرد تئوری بازی‌ها در تخصیص منابع ۱۷

2-5 پیشینه مطالعات در زمینه کاربرد مدل گراف در حل مناقشات مرتبط با مدیریت منابع آب ۲۳

۲-۶ جمع بندی ۲۶

۳- فصل سوم: مطالعات پایه و بیلان ۲۹

3-1 مقدمه ۲۹

۳-۲ بررسی تأمین حقابهٔ اراضی زراعی پائین‌دست سد پانزده خرداد ۳۰

۳-۲-۱ قبل از احداث سد ۳۰

۳-۲-۱-۱ آب‌های سطحی ۳۰

۳-۲-۱-۲ آب‌های زیرزمینی ۳۶

۳-۲-۲ وضعیت منابع آب پس از احداث سد ۳۷

۳-۲-۲-۱ مخزن سد پانزده خرداد ۳۷

۳-۲-۲-۲ منابع آب چاه‌های شرکت آب و فاضلاب ۳۸

۳-۲-۲-۳ نحوهٔ محاسبهٔ حقابه(ارسال آبدهی معین در هر ماه)..... ۳۹

۳-۳ بررسی رودخانه‌ها، دشت‌ها و زیر حوضه‌های حوضهٔ دریاچهٔ نمک..... ۴۵

۳-۳-۱ سیستم رودخانه‌ای کرج – جاجرود:..... ۴۵

۳-۳-۲ سیستم رودخانه‌ای شور: ۴۵

۳-۳-۳ سیستم رودخانه‌ای قره چای:..... ۴۶

۳-۳-۴ آب‌های زیرزمینی ۴۷

۳-۴ بیلان هیدروکلیماتولوژی..... ۴۹

۳-۴-۱ بارندگی..... ۵۲

۳-۴-۲ رطوبت خاک ۵۳

۳-۴-۳ تبخیر و تعرق ۵۴

۳-۴-۴ نفوذ ۵۵

۳-۴-۵ رواناب..... ۵۵

۳-۴-۶ مصارف ۵۶

۳-۵ جمع بندی..... ۵۸

4- **فصل چهارم: مواد و روش‌ها** ۶۰

۴-۱ مدل‌های بهینه سازی ۶۲

۴-۲ روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات (**Particle** Swarm Optimization) ۶۴

۴-۲-۱ کاربردی از PSO در ریاضیات ۶۴

4-3 دلایل استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی تکاملی..... ۶۷

۴-۴ تئوری بازی‌ها ۶۹
۴-۴-۱ مفاهیم اولیه تئوری بازی‌ها ۷۰
۴-۴-۲ تاریخچه کوتاهی از تئوری بازی‌ها ۷۱
۴-۴-۳ طبقه بندی بازی‌ها ۷۳
۴-۴-۳-۱ طبقه بندی بازی‌ها از نظر ایستایی یا پو یایی بازی ۷۳
۴-۴-۳-۲ طبقه‌بندی بازی‌ها ازنظر تعارض یا عدم تعارض منافع ۷۳
۴-۴-۳-۳ طبقه بندی بازی‌ها از نظر تعداد دفعات انجام بازی ۷۴
۴-۴-۳-۴ طبقه بندی بازی‌ها از نظر اطلاعات ۷۴
۴-۴-۳-۵ طبقه بندی بازی‌ها از نظر ثابت یا متغیر بودن قواعد بازی ۷۴
۴-۴-۳-۶ طبقه بندی بازی‌ها از نظر همکارانه یا غیر همکارانه بودن ۷۵
۴-۴-۴ بازی‌های همکارانه و غیر همکارانه ۷۵
۴-۴-۴-۱ بازی‌های همکارانه با ائتلاف‌های معمولی یا غیرفازی ۷۷
۴-۴-۴-۲ مفهوم هسته ۷۸
۴-۴-۴-۳ Least Core ۷۹
۴-۴-۴-۴ Weak Least Core ۷۹
۴-۴-۴-۵ ارزش شاپلی (Shapley Value) ۸۰
۴-۴-۴-۶ بازی های غیر همکارانه (استفاده از مدل GMCR) ۸۰
۴-۵ تحلیل آماری نتایج نظرسنجی ۸۶
۴-۵-۱ آمار توصیفی ۹۱

۶-۴ جمع‌بندی ۹۳

۵- فصل پنجم: بحث و نتایج **۹۵**

۱-۵ مدل تخصیص منابع آب بدون در نظر گرفتن آب انتقالی ۹۵

۱-۱-۵ تعیین نیازهای آبی منطقه ۹۵

۱-۱-۱-۵ آب شرب ۹۶

۲-۱-۱-۵ تعیین نیاز آبی کشاورزی ۹۹

۳-۱-۱-۵ مصرف صنایع ۱۰۴

۲-۵ منابع آب استان ۱۰۶

5-2-1 منابع آب زیرزمینی ۱۰۷

۳-۵ ساختار ریاضی مدل تخصیص بدون در نظر گرفتن آب انتقالی و وزن ها ۱۱۳

۴-۵ ساختار ریاضی مدل تخصیص با در نظر گرفتن آب انتقالی و وزن ها و سناریوها ۱۲۲

۱-۴-۵ دیدگاه مدیریت راهبردی ۱۲۲

۲-۴-۵ دیدگاه ارزش آب ۱۲۴

۳-۴-۵ سناریوی اول: تغییر آورد ۱۲۵

5-4-4 سناریوی دوم: افزایش جمعیت ۱۲۵

5-4-5 سناریوی سوم: افزایش سطح زیر کشت ۱۲۵

۵-۵ مدل‌سازی و تحلیل مناقشه با مدل GMCR+ ۱۳۹

۱-۵-۵ مدل‌سازی مناقشه ۱۳۹

۲-۵-۵ تحلیل مناقشه ۱۴۰

6-	**جمع‌بندی**	**۱٤٤**
۶-۱	پیشنهادات	۱۴۷
۶-۲	جمع‌بندی و نتیجه‌گیری	۱۴۸
۷-	**منابع**	**۱۵۰**
8-	**پیوست ۱: پرسشنامه کتبی**	**۱۵۵**
۱-	**کد تابع هدف**	**۱٦٤**
۲-	**کد الگوریتم** PSO	**۱۷۳**

فهرست جداول

جدول ۳-۱- حقابهٔ انهار هفت‌گانه ۳۱

جدول ۳-۲- نام و حقابهٔ انهار بالادست سد به ترتیب از اولین نهر (قلعه چم) تا مخزن سد ۳۲

جدول ۳-۳- نام و حقابه انهار پائین‌دست سد از اولین نهر (سیاه کوه) تا ابتدای انهار یازده‌گانه قم (فاصلهٔ اولین تا آخرین آبگیری در مسیر رودخانه حدود ۸۵ کیلومتر می‌باشد)..... ۳۲

جدول ۳-۴- حقابهٔ انهار یازده‌گانه شهر قم..... ۳۳

جدول ۳-۵- میانگین حسابی ۲۰سالهٔ آبدهی ایستگاه شاه آباد (برحسب مترمکعب در ثانیه) ۳۹

جدول ۳-۶- میانگین حسابی ۲۰سالهٔ آبدهی انهار یازده‌گانه (برحسب مترمکعب در ثانیه) ۴۰

جدول ۳-۷- میانگین حسابی ۲۰سالهٔ آبدهی ایستگاه دودهک (برحسب مترمکعب در ثانیه) ۴۰

جدول ۳-۸- میانگین حسابی ۲۰سالهٔ آبدهی حوضه میانی (برحسب مترمکعب در ثانیه)..... ۴۱

جدول ۳-۹- حقابهٔ متوسط در دودهک..... ۴۲

جدول ۳-۱۰- نتایج نهایی محاسبه حقابه..... ۴۴

جدول ۳-۱۱- اطلاعات جغرافیایی برخی حوضه‌های آبریز در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ نمک (مطالعات بهنگام سازی طرح جامع آب کشور-حوضهٔ آبریز دریاچهٔ نمک)..... ۴۶

جدول ۳-۱۲- خلاصهٔ وضعیت آبخوان‌های آبرفتی حوضهٔ آبریز دریاچه (مطالعات بهنگام سازی طرح جامع آب کشور-حوضهٔ آبریز دریاچهٔ نمک)..... ۵۰

جدول ۳-۱۳: بیلان هیدروکلیماتولوژی در دشت و ارتفاعات محدوده‌های مطالعاتی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ نمک۴۱ ساله (میلیون مترمکعب) ۵۱

جدول ۳-۱۴- میزان مصارف آب سطحی و آب زیرزمینی و مقادیر آب برگشتی به تفکیک نوع مصرف در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ نمک (میلیون مترمکعب)..... ۵۷

جدول ۵-۱- تعداد آحاد و حجم مصرف متوسط ماهانه آب شرب خانگی در استان قم در مقایسه با کل کشور (دفتر امور مشترکین، شرکت آب و فاضلاب کشور)..... ۹۷

جدول ۵-۲-تعداد آحاد و حجم مصرف آب شرب غیرخانگی شهری در استان قم (دفتر امورمشترکین، شرکت آب و فاضلاب کشور)..... ۹۸

جدول ۵-۳-تعداد آحاد و حجم مصرف آب شرب غیرخانگی روستایی در استان قم (دفتر امورمشترکین، شرکت آب و فاضلاب کشور)..... ۹۸

جدول ۵-۴- سطح زیرکشت گندم و سهم آن در شهرستآن‌های استان قم در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱..... ۱۰۱

جدول ۵-۵- سطح زیرکشت جو و سهم آن در شهرستآن‌های استان قم در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱..... ۱۰۱

جدول ۵-۶- سطح زیرکشت پنبه و سهم آن در شهرستآن‌های استان قم در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱..... ۱۰۲

جدول ۵-۷- سطح زیرکشت آفتابگردان و سهم آن در شهرستان‌های استان قم در سال زراعی ۹۱-۹۲..... ۱۰۲

جدول ۵-۸- نیاز ناخالص آبیاری هر هکتار محصولات منتخب به‌صورت ماهانه در شهرستان جعفرآباد (مترمکعب)..... ۱۰۳

جدول ۵-۹- نیاز ناخالص آبیاری هر هکتار محصولات منتخب به‌صورت ماهانه در شهرستان قمرود (مترمکعب)..... ۱۰۳

جدول ۵-۱۰- نیاز ناخالص آبیاری هر هکتار محصولات منتخب به‌صورت ماهانه در شهرستان حومه (مترمکعب)..... ۱۰۳

جدول ۵-۱۱- نیاز ناخالص آبیاری هر هکتار محصولات منتخب به‌صورت ماهانه در شهرستان قنوات (مترمکعب)..... ۱۰۴

جدول ۵-۱۲- نیاز ناخالص آبیاری هر هکتار محصولات منتخب به‌صورت ماهانه در شهرستان سلفچگان (مترمکعب)..... ۱۰۴

جدول ۵-۱۳- جزئیات دامپروری صنعتی قم..... ۱۰۵

جدول ۵-۱۴- جمع بندی وضعیت صنایع و معادن استان قم..... ۱۰۵

جدول ۵-۱۵- نیاز آبی صنعت و معدن در استان قم..... ۱۰۵

جدول ۵-۱۶- وضعیت آبخوان دریاچه نمک ازابتدای تشکیل شبکه سنجش تاکنون(شرکت مدیریت منابع آب)..... ۱۰۷

جدول ۵-۱۷- وضعیت آبخوان مسیله ازابتدای تشکیل شبکه سنجش تاکنون (شرکت مدیریت منابع آب)..... ۱۰۸

جدول ۵-۱۸- وضعیت آبخوان قم –کهک ازابتدای تشکیل شبکه سنجش تاکنون..... ۱۱۰

جدول ۵-۱۹- وضعیت آبخوان شریف آباد ازابتدای تشکیل شبکه سنجش تاکنون..... ۱۱۱

جدول ۵-۲۰- نتایج مربوط به پیش بینی تأمین نیازها (متوسط ماهانه) حاصل از مدل بدون در نظر گرفتن آب انتقالی و وزن های حاصل از پرسشنامه (مقادیر بر حسب میلیون مترمکعب)..... ۱۱۵

جدول ۵-۲۱- میانگین تغییرات سطح ایستابی آبخوان‌های محدوده مطالعاتی (متر)..... ۱۱۶

جدول ۵-۲۲-وزن های نرمال اولویت‌های مصارف ۱۲۱

جدول ۵-۲۳- وزنهای نرمال اولویت دشتها..... ۱۲۲

جدول ۵-۲۴: نتایج تحلیل مناقشه و وضعیت‌های تعادل ۱۴۰

جدول ۶-۱: مقایسهٔ میانگین ماهیانهٔ تخصیص‌ها به تفکیک سناریوها و نوع نیازها (میلیون مترمکعب) ۱۴۵

جدول ۶-۲: درصد افزایش یا کاهش سناریوها نسبت به حالت پایه..... ۱۴۷

فهرست اشکال

شکل ۱-۱: استان قم ۴

شکل ۱-۲- موقعیت استان قم در حوضه درجه ۲ دریاچه نمک ۵

شکل ۳-۱: سند تعهد کشاورزان به رعایت حقابه ۳۴

شکل ۳-۲: رودخانه‌های استان قم ۴۷

شکل ۳-۳: نقشه کلی منابع سطحی و غیرسطحی استان قم ۴۸

شکل ۳-۴: میزان بارش در سطح استان تهران ۵۲

شکل ۳-۵ : نمودار بیلان منابع و مصارف آب استان قم برحسب میلیون متر مکعب(سیمای آب استان قم) ۵۸

شکل ۴-۱: هرم فرضی اجزای پایداری ۶۰

شکل ۴-۲: نمودار روش پیشنهادی در تحقیق حاضر ۶۲

شکل ۵-۱- نمودارمیانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان دریاچه نمک ازابتدای تشکیل شبکه سنجش تاکنون ۱۰۸

شکل ۵-۲- نمودارمیانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان مسیله ازابتدای تشکیل شبکه سنجش تاکنون ۱۰۹

شکل ۵-۳- نمودارمیانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان قم –کهک ازابتدای تشکیل شبکه سنجش تاکنون ۱۰۹

شکل ۵-۴- نمودارمیانگین تجمعی تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان شریف آباد ازابتدای تشکیل شبکه سنجش تاکنون ۱۱۲

شکل ۵-۵- نمودار مربوط به آورد و نیاز آب از سال ۱۴۰۲-۱۳۹۳ ..... ۱۱۶

شکل ۵-۶- مقایسهٔ میانگین سالیانه مقادیر تأمین نیازهای مختلف آبی بدون در نظر گرفتن آب انتقالی ۱۱۷

شکل ۵-۷- نمودار تغییرات متوسط سطح ایستابی آبخوانهای اصلی استان در طی ۱۰ سال (۱۴۰۲-۱۳۹۳) ۱۱۸

شکل ۵-۸- نتایج نظرسنجی اولویت مصارف از دیدگاه راهبردی ۱۱۹

شکل ۵-۹-نتایج نظرسنجی اولویت مصارف از دیدگاه ارزش آب ۱۲۰

شکل ۵-۱۰-نتایج نظرسنجی اولویت دشتهای استان قم از دیدگاه راهبردی..... ۱۲۰

شکل ۵-۱۱- نتایج نظرسنجی اولویت دشتهای استان قم از دیدگاه ارزش آب..... ۱۲۱

شکل ۵-۱۲- مقایسهٔ نیازها و آوردها بدون آب انتقالی در مدت ۱۰ سال از دیدگاه مدیریت راهبردی-سناریو ۱ (۱۴۰۲-۱۳۹۳)..... ۱۲۶

شکل ۵-۱۳: مقایسهٔ نیازها و آوردها در مدت ۱۰ سال از دیدگاه مدیریت راهبردی-سناریو ۱ (۱۴۰۲-۱۳۹۳)..... ۱۲۷

شکل ۵-۱۴- متوسط تغییرات سطح ایستابی آبخوان‌های استان دیدگاه مدیریت راهبردی-سناریو ۱ (۱۴۰۲-۱۳۹۳)..... ۱۲۷

شکل ۵-۱۵- مجموع مقادیر میانگین ماهیانهٔ تخصیص آب به تفکیک نیازها در طی ۱۰ سال از دیدگاه راهبردی-سناریو ۱ (۱۴۰۲-۱۳۹۳) ۱۲۸

شکل ۵-۱۶- مقایسهٔ نیازها و آوردها بدون آب انتقالی در مدت ۱۰ سال از دیدگاه مدیریت راهبردی-سناریو ۲ (۱۴۰۲-۱۳۹۳)..... ۱۲۹

شکل ۵-۱۷: مقایسهٔ نیازها و آوردها در مدت ۱۰ سال از دیدگاه مدیریت راهبردی-سناریو ۲ (۱۴۰۲-۱۳۹۳)..... ۱۲۹

شکل ۵-۱۸- متوسط تغییرات سطح ایستابی آبخوان‌های استان دیدگاه مدیریت راهبردی-سناریو۲(۱۴۰۲-۱۳۹۳)..... ۱۲۹

شکل ۵-۱۹- مجموع مقادیر میانگین ماهیانهٔ تخصیص آب موجود به تفکیک نیازها در طی ۱۰ سال از دیدگاه راهبردی-سناریو ۲ (۱۴۰۲-۱۳۹۳)..... ۱۳۰

شکل ۵-۲۰- مقایسهٔ نیازها و آوردها بدون آب انتقالی در مدت ۱۰ سال از دیدگاه مدیریت راهبردی-سناریو ۳(۱۴۰۲-۱۳۹۳)..... ۱۳۱

شکل ۵-۲۱: مقایسهٔ نیازها و آوردها در مدت ۱۰ سال از دیدگاه مدیریت راهبردی-سناریو ۳(۱۴۰۲-۱۳۹۳)..... ۱۳۱

شکل ۵-۲۲- متوسط تغییرات سطح ایستابی آبخوان‌های استان دیدگاه مدیریت راهبردی-سناریو ۳ (۱۴۰۲-۱۳۹۳)..... ۱۳۲

شکل ۵-۲۳- مجموع مقادیر میانگین ماهیانهٔ تخصیص آب‌های به تفکیک نیازها در طی ۱۰ سال از دیدگاه راهبردی-

سناریو۳(۱۴۰۲-۱۳۹۳) ۱۳۲

شکل ۵-۲۴- مقایسهٔ نیازها و آوردها بدون آب انتقالی در مدت ۱۰ سال از دیدگاه مدیریت ارزش آب-سناریو ۱ (۱۴۰۲-۱۳۹۳) ۱۳۳

شکل ۵-۲۵: مقایسهٔ نیازها و آوردها در مدت ۱۰ سال از دیدگاه ارزش آب-سناریو ۱ (۱۴۰۲-۱۳۹۳) ۱۳۳

شکل ۵-۲۶- متوسط تغییرات سطح ایستابی آبخوان‌های استان دیدگاه ارزش آب-سناریو ۱ (۱۴۰۲-۱۳۹۳) ۱۳۴

شکل ۵-۲۷- مجموع مقادیر میانگین ماهیانهٔ تخصیص آب‌های به تفکیک نیازها در طی ۱۰ سال از دیدگاه ارزش آب - سناریو۱(۱۴۰۲-۱۳۹۳) ۱۳۴

شکل ۵-۲۸- مقایسهٔ نیازها و آوردها بدون آب انتقالی در مدت ۱۰ سال از دیدگاه مدیریت ارزش آب-سناریو ۲(۱۴۰۲-۱۳۹۳) ۱۳۵

شکل ۵-۲۹: مقایسهٔ نیازها و آوردها در مدت ۱۰ سال از دیدگاه ارزش آب-سناریو ۲(۱۴۰۲-۱۳۹۳) ۱۳۵

شکل ۵-۳۰- متوسط تغییرات سطح ایستابی آبخوان‌های استان دیدگاه ارزش آب-سناریو۲(۱۴۰۲-۱۳۹۳) ۱۳۶

شکل ۵-۳۱- مجموع مقادیر میانگین ماهیانهٔ تخصیص آب‌های به تفکیک نیازها در طی ۱۰ سال از دیدگاه ارزش آب - سناریو۲(۱۴۰۲-۱۳۹۳) ۱۳۶

شکل ۵-۳۲- مقایسهٔ نیازها و آوردها بدون آب انتقالی در مدت ۱۰ سال از دیدگاه مدیریت ارزش آب-سناریو ۳ (۱۴۰۲-۱۳۹۳) ۱۳۷

شکل ۵-۳۳: مقایسهٔ نیازها و آوردها در مدت ۱۰ سال از دیدگاه ارزش آب-سناریو ۳ (۱۴۰۲-۱۳۹۳) ۱۳۷

شکل ۵-۳۴- متوسط تغییرات سطح ایستابی آبخوان‌های استان در دیدگاه ارزش آب-سناریو ۳ (۱۴۰۲-۱۳۹۳) ۱۳۸

شکل ۵-۳۵- مجموع مقادیر میانگین ماهانه تخصیص آب‌های به تفکیک نیازها در طی ۱۰ سال از دیدگاه ارزش آب - سناریو ۳ (۱۴۰۲-۱۳۹۳) ۱۳۸

شکل ۵-۳۶: حرکت یک‌جانبه بازیکنان در گراف مناقشه ۱۴۱

شکل ۵-۳۷ : درخت مناقشه از شروع در حالت پایه ۱۴۲

شکل ۶-۱- مقایسهٔ سناریوها برحسب نیازها ۱۴۶

شکل ۶-۲: مقایسهٔ نیازها برحسب سناریوها ۱۴۷

فصل اول

مقدمه ای بر موضوع مطالعه

۱- فصل اول: مقدمه ای بر موضوع مطالعه

۱-۱ مقدمه

امروزه تأمین آب یکی از مهم‌ترین چالش‌های تصمیم‌گیری در جهان است. مطابق اعلان مجامع بین‌المللی تا سال ۲۰۵۰ مسئله منابع آبی اصلی‌ترین مشکل و موضوع بحث در جهان خواهد بود. در آن تاریخ جمعیت جهان از ۶/۳ به ۹/۴ میلیارد نفر رسیده و تأمین آب و مواد غذایی و حفظ محیط‌زیست مهم‌ترین دغدغه مدیران و رهبران خواهد بود. شاید یکی از مهم‌ترین کانون‌های بروز تنش‌های آبی قاره‌ی آسیا باشد که باوجود ۶۰٪ جمعیت جهان فقط ۳۰٪ از ذخایر آب شیرین را در اختیار دارد. در کشور ما نیز توزیع ناهمگون مکانی و زمانی بارش‌ها و تقاضای روزافزون برای مصارف مختلف مدیریت آب را با فرصت‌ها و چالش‌های مهمی روبرو ساخته است. در این شرایط یکی از مهم‌ترین چالش‌های مدیریت آب کشور باید به‌نظام مند نمودن فرآیند تخصیص آب و اعمال مدیریت تخصیص معطوف گردد.

از طرفی با رشد تقاضای آب در بخش های اصلی یعنی کشاورزی، شرب، صنعت و افزوده شدن تقاضاهای جدید نظیر آبزی پروری و محیط‌زیست رودخانه ها و کاهش امکانات عرضه در سال‌های آتی، رقابت بین مصرف‌کنندگان آب بروز کرده و تشدید خواهد شد و مسلماً رویکرد تخصیص آب صرفاً بر اساس حقا به اولیه منجر به استفاده کارآمد از آب در کلیهٔ حوضه آبریز نخواهد شد. با توجه به چالش های بیان شده و این واقعیت که برخی مناطق کشور در شرایط خشک‌سالی یا کمبود شدید آب به سر می برند و از طرف دیگر، برخی حوضه‌ها دارای مقادیر قابل‌توجهی آب قابل استحصال می‌باشند، انتقال و تخصیص بین حوضه ای منابع آب با در نظرگرفتن مطلوبیت ها و تضادهای تأثیرپذیرندگان این سیستم ها به یکی از مباحث مهم در بهره برداری از منابع آب تبدیل شده است. اینگونه طرح ها به دلیل گستردگی بخش‌های مختلف تأثیرپذیر خود، از حساسیت خاصی برخوردار هستند و لزوم توجه به تمامی جنبه های متأثر از آن‌ها می‌تواند به اتخاذ تصمیم‌هایی پایدارتر و با تبعات اجتماعی- سیاسی کمتر منجر شود. لازمه رسیدن به تصمیم‌گیری هایی با این ویژگی، ارزیابی آن‌ها در قالب منافع ملی و مطالعات همه جانبه منطقه‌ای می‌باشد. یکی از عناصر و مولفه های مهم در یک مدل شبیه سازی سیستم منابع و مصارف آبی حوضه ای مدل تخصیص و الگوریتم تخصیص به کار گرفته‌شده در حل آن می‌باشد. تخصیص به معنی مقدار آب قابل تحویل در یک زمان مشخص به یک محل مشخص و نوع مصرف مشخص است. به عبارتی حل مسئله ی تخصیص به معنی تعیین توزیع مکانی و زمانی سهم و درصد

منابع آبی بین انواع مصرف در گستره ی حوضه می‌باشد.

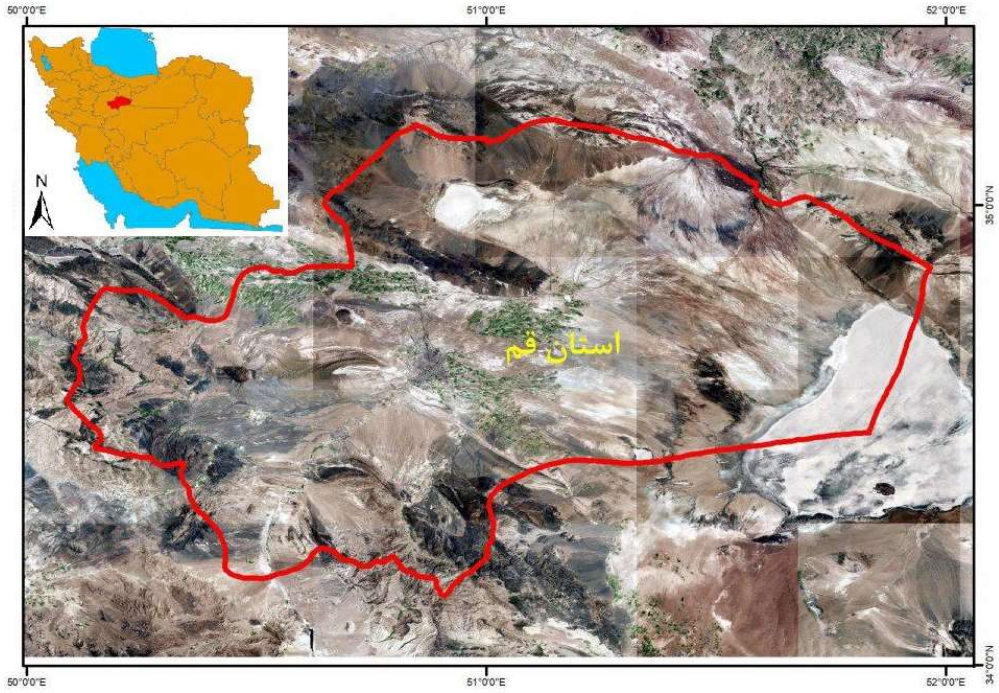
گسترش شدید نیازهای آبی از هر دو منظر کمی و کیفی، تمایل رقابت بین شهرها، استآن‌ها و حوضه‌های مختلف را، در استفاده هرچه بیشتر از منابع آبی موجب گردیده است.همچنین با اجرای طرح های سد سازی و انحراف آب در جهت توسعه و ساخت ابزار مناسب و پشتیبان تصمیم گیری، می بایست از روش های تحلیلی مدل‌سازی و نهایتا از روش های تحلیل سیستم ها استفاده نمود.

همچنین، در سال‌های اخیر واژه ای تحت عنوان آب مجازی تعریف شده که مبین آبی است که در مراحل مختلف تولید یک کالا استفاده می‌شود. حدود ۷۴٪ از منابع آبی در دسترس جهان در بخش کشاورزی مصرف می‌شود که این عدد در ایران حدود ۹۲ ٪ است. بنابراین امکان تعیین حجم آب و تحلیل اثرات تولید و انتقال و حتی تبادل آن با خارج از مرزهای سیاسی یک کشور فراهم خواهدگردید. تا پیش از تعریف مفهوم آب مجازی گمان بر این بود که آب مصرفی مردم هر کشور (منابع حقیقی آب) تأمین می‌گردد، لذا مدیریت سنتی منابع آب به رفع تعرضات رودخانه‌ای مرزی محدود می‌شد. رشد روزافزون تقاضا و محدودیت شدید منابع آب به خصوص در کشورهای خشک و نیمه خشک و کشورهای در حال توسعه روش های سنتی مدیریت منابع آب را ناکارآمد تر از گذشته جلوه می سازد. بر این اساس می‌توان گفت که برنامه ریزی های بخش منابع آب بخصوص در کشورهایی که با محدودیت منابع آب مواجه هستند، بدون در نظر داشتن این مفاهیم و سنجش آن از جامعیت قابل قبول متناسب با نیازهای امروزی مدیریت و برنامه ریزی منابع آب برخوردار نخواهد بود، لذا در مسئله تخصیص آب فقدان روش و معیاری جامع که آب تخصیص یافته را چه از نظر حقیقی و چه از نظر مجازی در نظر بگیرد احساس می‌شود. منابع اطلاعاتی آب مجازی از مطالعات و تحقیق های پیشین در این زمینه قابل حصول است.

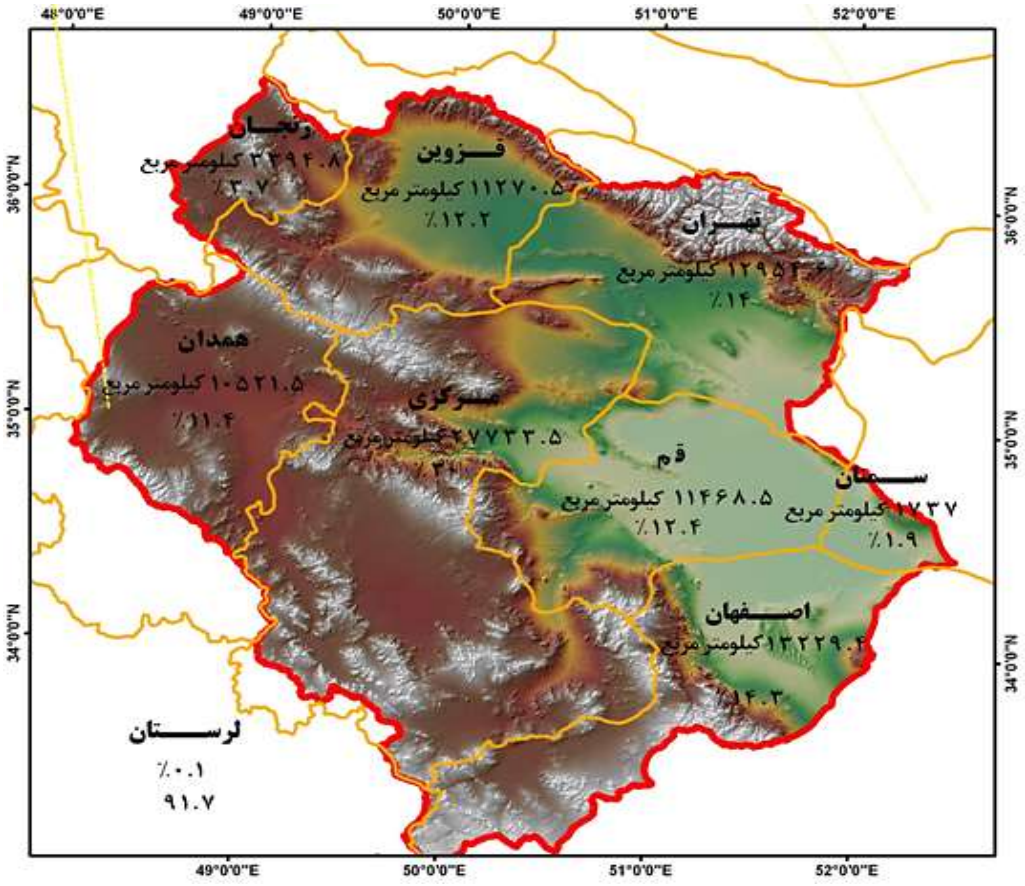
آن چه در طرح جامع آب کشور ایران در افق سال ۱۴۰۰ پیش بینی شده حجم انتقال آب بین حوضه ای ۳/۹۸ میلیارد مترمکعب در سال می‌باشد. اما هم اکنون طرح های در دست مطالعه فراتر از برنامه طرح جامع آب کشور بوده و حجم انتقال آب بین حوضه ای در حال مطالعه با توجه به ارقام ارائه شده ، بالغ بر ۴/۴۵ میلیارد مترمکعب در سال و ظرفیت طرح های در دست اجرا ۲/۲۴ میلیارد مترمکعب(۳۶) می‌باشد. درحال حاضر ۵ پروژه ی انتقال میان حوضه ای با حجم انتقالی سالیانه۱/۲۴ میلیارد مترمکعب (۴۵ درصد از آن از حوضه آبریز کارون بزرگ توسط تونل های اول و دوم کوهرنگ می‌باشد) در حال بهره برداری است. لذا در صورت عملی شدن طرح های مطالعاتی و اجرایی، حجم آب انتقالی در طرح های بین حوضه ای در مجموع سالیانه به حدود ۸

میلیارد مترمکعب می‌رسد، که این رقم بیش از دو برابر پیش بینی طرح جامع آب کشور می‌باشد. این آمار نشان می‌دهد مدیریت آب کشور به طرح های انتقال آب بین حوضه ای توجه ویژه دارد.و بایستی در طرح های انتقال آب توجه ای ویژه ای کرد.

استان قم جزء حوضه آبریز اصلی فلات مرکزی از ۶ حوضه اصلی کشور و بخشی از حوضه آبریز درجه ۲ دریاچه نمک می‌باشد. این استان کل یا بخشی از ۷ محدوده مطالعاتی مسیله، شریف‌آباد، قم، دریاچه نمک، ساوه، سلفچگان- نیزار وکاشان را شامل می‌شود. محدوده‌های مطالعاتی ساوه و کاشان به لحاظ حفر چاه، ممنوعه بحرانی، مسیله، شریف‌آباد، دشت قم، و غرب دریاچه حوض سلطان از محدوده دریاچه نمک، ممنوعه و شرق حوض سلطان از محدوده دریاچه نمک و سلفچگان- نیزار، آزاد محسوب می‌شوند. در شکل زیر محدوده حوضه آبریز دریاچه نمک و استان قم مشخص شده که تمام استان قم در ناحیه شرقی حوضه آبریز دریاچه نمک قرارگرفته است.



شکل ۱-۱: استان قم



شکل ۱-۲- موقعیت استان قم در حوضه درجه ۲ دریاچه نمک

مساحت استان قم برابر ۱،۱۴۷،۴۲۲ هکتار بوده که تقریباً ۷ درصد مساحت کشور را پوشش می‌دهد. جمعیت کل شهری و روستایی این استان برابر ۱۱۴۲۱۲۵ نفر بوده که در حدود ۹۵/۵۰٪ از آن را ساکنین شهرها (۱۰۹۰۷۱۹ نفر) و مابقی را روستاییان تشکیل می‌دهند (سرشماری ۱۳۹۰). به عبارت دیگر تقریباً ۱/۵ درصد جمعیت کل کشور، در این استان واقع شده است.

شرایط آب وهوائی استان قم به گونه‌ای است که نواحی مرتفع غرب و جنوب استان دارای آب وهوای معتدل کوهستانی، نواحی کوهپایه‌ای و دشت‌های استان ازجمله دشت قم دارای آب وهوای نیمه بیابانی و نواحی شرقی استان دارای آب وهوای گرم و خشک بیابانی می‌باشند. متوسط بارندگی سالانه ۳۰ ساله در این استان ۱۶۳/۵ میلیمتر می‌باشد که در حدود ۶۵/۷ درصد متوسط بارش درازمدت کشور یعنی ۲۵۲/۲ میلیمتر می‌باشد. بیشتر بارندگی در این استان بصورت باران است. پراکندگی بارش در نقاط مختلف، متفاوت می‌باشد. کمترین میزان بارش در اطراف دریاچه نمک و بیشترین بارندگی عمدتاً در غرب استان و بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلیمتر را شامل می‌شود. حجم نزولات جوی بالغ بر ۱/۸

میلیارد مترمکعب در سال است که حدود ۸۴/۸ درصد آن معادل (۱۵۵۷ MCM) به‌صورت تبخیر و تعرق از دسترس خارج می گردد(۳۸). در بخش های بعدی به کمیت منابع آب در این استان پرداخته شده است.

در فصل بعد، با توجه به مفاهیم تحقیق، برخی از مهم ترین تحقیقات و مطالعات گذشته در زمینه کاربردهای تئوری های مختلف در تخصیص بهینه منابع، برخی مطالعات پیشین در زمینه مدیریت انتقال بین حوضه ای آب، ارائه می‌شود.

فصل دوم: پیشینه مطالعات

۲- فصل دوم: پیشینه مطالعات

انتقال آب بین حوضه ای یکی از راه های تأمین آب برای رفع نیازهـای فزاینـدۀ آب در محـدوده‌های کـم آب اسـت. بـه بیـانی دیگر، انتقال آب از یک حوضه به حوضۀ دیگر در بعضی از کشورها، ازجمله در ایالات متحده آمریکا، شوروی سابق و چین یکـی از راههای معمول افزایش منابع آب حوضه‌های خشک بوده است.

در ایران، به علت بارندگی کم و کم آبی، از دیرباز عملیات انتقال آب از منابع محدود آبی بـه نـواحی کـاملا کـم آب معمـول بوده است. عملیات فوق به‌صورت احداث بندها و کانال ها و انهار انتقال سطحی و به‌صورت کانال‌های زیرزمینـی در مسـافت هـای طولانی انجام می‌شده است. طول این قنوات بعضی اوقات به ۷۰ کیلومتر نیز می رسیده است.

پرواضح است که با پیشرفت فن آوری[1] و فـن مهندسـی فکـر انتقـال آب در مسـافت هـای طـولانی توسـط تونـل یـا کانال‌هـای آب‌رسانی یا خطوط لوله مورد توجه بیشتری قرارگرفته باشد. تعدادی از طرح های انتقال آب اجرا شده از دهه ۱۳۲۰ عبارتند از:

- تونل اول کوهرنگ به ظرفیت ۳۰۰ میلیون مترمکعب و طول ۲۸۰۰متر
- تونل دوم کوهرنگ به ظرفیت ۲۵۰ میلیون مترمکعب و طول ۲۷۲۷ متر
- تونل سوم کوهرنگ به ظرفیت ۳۰۰ میلیون مترمکعب و طول ۲۳/۴ کیلومتر
- خط آب‌رسانی نوروزلو به تبریز به ظرفیت ۵ مترمکعب در ثانیه و طول ۱۷۷ کیلومتر
- خط آب‌رسانی محرم از حدود کازرون به بنادر خلیج فارس به ظرفیت ۲ مترمکعب در ثانیه و طول ۳۱۰ کیلومتر
- خط آب‌رسانی از مخازن چاه نیمه به زاهدان به ظرفیت ۸۵۰ لیتر در ثانیه به طول ۱۹۷ کیلومتر
- تونل انتقال آب از سد کرخه به دشت عباس به ظرفیت ۸۰ مترمکعب در ثانیه و طول ۶/۷ کیلومتر و قطر ۵/۵ متر
- خط آب‌رسانی از زاینده رود به کاشان به ظرفیت یک مترمکعب در ثانیه و طول ۱۲۵ کیلومتر
- کانال آب‌رسانی از تونل طالقان و زیاران به قزوین به ظرفیت ۳۰ مترمکعب در ثانیه و طول ۱۲۰ کیلومتر
- طرح انتقال آب از رودخانه لار به تهران به ظرفیت ۵ مترمکعب در ثانیه و طول ۲۴ کیلومتر
- طرح انتقال آب از گاوشان به کامیاران و کرمانشاه به ظرفیت ۳ مترمکعب در ثانیه و طول۲۱ کیلومتر
- طرح انتقال آب از سرشاخه‌های دز به قم که جزئیات آن در این گزارش ارائه شده است.

- طرح انتقال آب از سد کمال صالح از حوضهٔ آبریز دز به اراک و به مقدار ۲۲ میلیون مترمکعب به طول ۱/۲ کیلومتر
- طرح انتقال آب از سد کوچری به قم و گلپایگان به مقدار ۱۴۱ میلیون مترمکعب و طول ۱۷۰ کیلومتر
- طرح انتقال بخشی از آب رودخانه طالقان به کرج و تهران به مقدار ۲۰۵ و طول ۸۵ کیلومتر

علاوه بر طرح های فوق در حال حاضر طرح های انتقال دیگری در دست مطالعه و طراحی و مواردی هم در معرض بحث و گفتگو می‌باشند که عمدتا از طرح های زیر تشکیل شده اند:

- طرح انتقال آب از رودخانه آزاد و رودخانه ژاوه در حوضه آبریز سیروان به دشت‌های روانسر و کرمانشاه به ظرفیت حدود ۳۵ مترمکعب در ثانیه و طول ۵۶ کیلومتر
- طرح انتقال از انتهای رودخانه سیروان به نوار مرزی و دشت‌های گرمسیری غرب به ظرفیت ۷۰ مترمکعب در ثانیه و طول ۳۹۰ کیلومتر
- طرح افزایش انتقال بخشی از آب رودخانه طالقان به قزوین به مقدار ۱۴۵ و طول ۱۲۰ کیلومتر
- طرح انتقال بخشی از سرشاخه‌های رودخانهٔ کارون (از سد سولکان) به رفسنجان به مقدار ۲۰۰ میلیون مترمکعب در سال و طول حدود ۱۷۰ کیلومتر
- طرح انتقال بخشی از آب سد پل خاتون بر روی هریررود به مشهد به مقدار ۱۹۰ میلیون مترمکعب و طول ۲۶ کیلومتر
- طرح انتقال بخشی از آب چشمه لنگان به سد زاینده رود به مقدار ۱۱۵ میلیون مترمکعب و به طول ۲۵ کیلومتر
- طرح تکمیل خط محرم از طریق انتقال بخشی از آب سد تنگ دوک (کوثر) بهبهان به مقدار ۱۶ میلیون مترمکعب به طول ۱۲۰ کیلومتر
- طرح تکمیل خط محرم از طریق انتقال بخشی از آب سد تنگ دوک به لامرد، سواحل کنگان، گاوبندی، بندر کنگان تا بندر لنگه به مقدار حدود ۳۰ میلیون مترمکعب و طول ۱۲۰ کیلومتر

باید توجه داشت که طرح های ذکر شده در فوق بعضی در داخل حوضه‌ها انجام می پذیرند. درصورتی‌که فقط طرح های انتقال حوضه به حوضه در نظر باشند، مطابق پیش بینی های طرح جامع آب کشور، تا سال ۱۴۰۰ مقدار ۳۹۸۰ میلیون مترمکعب آب در سال، انتقال بین حوضه ای آب صورت خواهد گرفت (قدرتنما، ۱۳۸۳). در ادامه به اختصار، مشخصات برخی از طرح های مهم انتقال آب در ایران بررسی خواهد شد.

بطور کلی پروژه های انتقال آب در ایران را می‌توان به دو گروه درون حوضه ای و بین حوضه ای تقسیم نمود.

۲-۱ پروژه های انتقال آب درون حوضه ای

هدف از پروژه های درون حوضه ای که عمدتا در حوضه‌های پر آب مطرح می‌شود، توزیع یکنواخت منابع آبی حوضه در همان منطقه می‌باشد. نمونه ای از پروژه های درون حوضه ای در ذیل آورده شده است.

۱. خط انتقال آب آشامیدنی تبریز زرینه رود

این طرح که به‌عنوان بزرگترین خط لوله انتقال آب در خاور میانه مطرح می‌باشد، در شهریور ماه ۱۳۷۸ افتتاح گردید. هدف این پروژه تأمین آب آشامیدنی تبریز از زرینه رود می‌باشد. زرینه رود یکی از پرآب ترین رودخانه‌های حوضهٔ دریاچهٔ ارومیه می‌باشد. این رود از کوه‌های سقز کردستان سرچشمه گرفته و طول آن حدود ۲۴۰ کیلومتر و به نام جغتوچای معروف می‌باشد. در سال ۱۳۵۰ بر روی زرینه رود در شرق بوکان سدی که در آبیاری و آبادانی شهر حائز اهمیت بود ساخته شد. زرینه رود در راستای سیمینه رود جریان داشته و از قسمت جنوب وارد دریاچه ارومیه می‌شود.

مشخصات فنی این پروژه به شرح ذیل است:

- آبگذر این خط ۵ مترمکعب در ثانیه می‌باشد.
- ساخت لوله‌های بتنی پیش تنیده به قطر داخلی ۲ متر و تحمل فشار ۵/۲۲ اتمسفر به تعداد ۲۱۰۰۰ شاخهٔ ۶ متری
- عملیات حفاری برای لوله گذاری به طول ۱۷۶ کیلومتر و حجم ۲۸۵۰۰۰۰ مترمکعب
- عملیات جاده سازی به طول ۱۸۰ کیلومتر و حجم ۵/۲ میلیون مترمکعب خاکبرداری
- خاک ریزی داخل ترانشه ها و روی لوله‌های نصب شده به میزان ۲۲۰۰۰۰۰مترمکعب
- لوله گذاری بتنی در طول ۱۳۰ کیلومتر
- لوله گذاری فولادی در طول ۴۶ کیلومتر و به اقطار داخلی ۲۰۰۰و ۱۸۰۰ میلی‌متر

۲. خط انتقال آب آشامیدنی از بردسیر به رفسنجان

این پروژه به طول حدود ۵۰ کیلومتر با لوله‌های چدن داکتیل و آزبست سیمان به قطر ۸۰۰ و ۶۰۰ میلی‌متر به انضمام جاده دسترسی با ابنیه های مربوطه در سال ۱۳۷۲ خاتمه یافته و تحویل گردیده است.

۳. خط انتقال آب آشامیدنی شهر سقز از دریاچهٔ سد بوکان(شهید کاظمی)

این طرح شامل ۳۰ کیلومتر خط لوله فولادی به قطر ۹۰۰ میلی‌متر با پوشش حفاظتی به انضمام جاده سرویس دسترسی در منطقهٔ کوهستانی و سنگی و احداث سه مخزن ذخیرهٔ آب و ساختمان تصفیه خانهٔ آب با ظرفیت ۴۰۰۰۰ مترمکعب در شبانه‌روز و تلمبه خانه و برج آبگیر بتنی مربوطه از دریاچهٔ سد بوکان با ارتفاع ۳۰ متر می‌باشد. این پروژه در سال ۱۳۷۴ خاتمه یافته و تحویل گردیده است.

۴. خط دوم انتقال آب آشامیدنی از میناب به بندر عباس

این طرح شامل ۱۰۶ کیلومتر خط لوله فولادی به اقطار ۱۲۰۰ و ۱۴۰۰ میلی‌متر به انضمام جادهٔ سرویس دسترسی با ابنیه های مربوطه و احداث ۷ دستگاه پل برای گذر خط لوله از بالای رودخانه‌های مسیر جمعا به طول ۲۵۰۰ متر و احداث دیوارهای حایل می‌باشد، این پروژه اتمام یافته و تحویل گردیده است. حجم آب سد میناب ۲۳۳ میلیون مترمکعب می‌باشد.

۵. طرح تونل انتقال آب نوسود در پاوه

عملیات اجرایی این طرح که یکی از بزرگترین تونل های انتقال آب جهان می‌باشد در استان کرمانشاه آغاز شده است. در حال حاضر از ۱۰ درصد پتانسیل آبی رودخانه سیروان استفاده می‌شود و ۹۰ درصد آن بدون بهره از دسترس خارج می‌شود و باید برای استفادهٔ مناسب و مهار آب این گونه رودخانه ها برنامه ریزی کرد. با اجرای سد سیروان و طرح تونل انتقال آب نوسود که بخشی از طرح تأمین آب دشت‌های گرمسیری غرب کشور است، امکان انحراف آب رودخانه پرآب سیروان به زمین‌های زراعی منطقه فراهم می‌شود. مرحلهٔ اول فاز اجرایی طرح سیروان شامل عملیات اجرائی تونل نوسود به طول ۴۹ کیلومتر و قطر ۷ متر می‌باشد. تونل نوسود به‌عنوان یکی از طویل ترین تونل های انتقال آب در جهان می‌باشد. با اجرای این طرح تأمین آب مناطق مرکزی و گرمسیری، کنترل و تنظیم آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه وسیعی از غرب کشور، انتقال آب تنظیم شده به دشتهای زراعی منطقه و تولید برق امکان پذیر می‌شود. همچنین بخش قابل ملاحظه ای از آب رودخانه‌های میان حوضه ای نیز به داخل

کشور منحرف می‌شود و میزان زیادی از آب رودخانه جهت استفاده در مصارف شرب و کشاورزی مهار خواهد شد. شایان ذکر است سرچشمه رودخانه بزرگ سیروان از ارتفاعات زاگرس در کردستان و کرمانشاه بوده که پس از به هم پیوستن ۴ رودخانه مهم و پس از طی مسافت زیادی به‌عنوان یکی از منابع اصلی آبی غرب کشور مطرح می‌باشد.

۲-۲ پروژه های انتقال آب بین حوضه ای

هدف از پروژه های انتقال آب بین حوضه ای توزیع یکنواخت منابع آبی در مقیاس وسیع می‌باشد. با توجه به کلان بودن چنین پروژه هایی، شناخت پروژه های مشابه اجرا شده و استفاده از تجارب بدست آمده یک امر ضروری می‌باشد. در ادامه به معرفی و بررسی چند نمونه از پروژه های اجرا شده در ایران پرداخته شده است.

۱. تونل انتقال آب گاوشان

تونل گاوشان که در ۳۸ تا ۶۸ کیلومتری جنوب سنندج ساخته می‌شود آب را از مخزن گاوشان به رودخانه‌های راژآور و فارسو انتقال می‌دهد. این پروژه مشتمل بر ساخت یک تونل طویل ۲۰ کیلومتری و ۴ تونل دسترسی می‌باشد. این طرح یکی از بزرگترین و مشکل ترین پروژه های حفاری تونل می‌باشد. تونل گاوشان دارای ۹ تیپ مقطع در دو شکل نعل اسبی با قطر حفاری بین ۶/۱ تا ۷/۴ و دایره ای متغیر است که با توجه به نوع دسترسی و جنس سنگ انتخاب شده اند.

۲. تونل انتقال آب چشمه لنگان

در سال ۱۳۶۹ طرح انتقال آب چشمه لنگان به زاینده رود مطرح شد که عملیات اجرایی تونل اصلی در حال انجام می‌باشد. تونل انتقال آب چشمه لنگان در فاصلهٔ ۱۷۶ کیلومتری غرب شهر اصفهان و از توابع شهرستان فریدون شهر احداث می‌گردد. هدف از اجرای این طرح انتقال سالیانه ۱۹۵ میلیون مترمکعب آب از حوضهٔ دز به حوضهٔ زاینده رود بود که در سال ۱۳۸۴ فاز اول آن با تونلی به طول ۱۳ هزار و ۷۶۵ متر و قطر تمام شده ۳/۲ متر با ظرفیت انتقال آب سالیانه ۱۲۰ میلیون مترمکعب به بهره برداری رسید. فاز دوم طرح خدنگستان که عملیات اجرایی آن از سال ۱۳۸۰ آغاز شده بود، دارای تونل اصلی به طول ۱۱ هزار و ۳۰۰ متر با قطر تمام شده ۳/۲ متر به‌صورت نعل اسبی است که ظرفیت انتقال سالیانهٔ ۷۵ میلیون مترمکعب آب را دارد. حفاری این تونل در بهمن ماه سال ۱۳۸۹ به اتمام رسیده و کل طرح در نیمهٔ دوم سال ۱۳۹۰ به بهره برداری رسید.

۳. تونل انتقال آب قمرود

تونل انتقال آب قمرود به طول ۳۵۷۵۰ متر و با شیب ۰/۱۳ درصد، به‌منظور انتقال ۲۳ مترمکعب آب در ثانیه از سرچشمه‌های دز به قمرود طراحی شده و عملیات آن از سال ۱۳۸۱ آغاز شده است. در مجموع از ۱۸۱ میلیون مترمکعب آب انتقالی، ۱۴۱ میلیون مترمکعب سهم استان قم می‌باشد.

۴. تونل انتقال آب گلاب

اجرای تونل انتقال آب گلاب به‌منظور آب‌رسانی به شهرستان کاشان و توابع آن از محل سد تنظیمی زاینده رود بوده که طول آن ۱۰۳۵۸ متر، قطر حفاری ۳/۶۵ متر و شیب ۱ به ۱۰۰۰ می‌باشد.

۵. تونل انتقال آب کوهرنگ

طرح انتقال آب به رودخانه زاینده رود از زمان شاه عباس اول به پیشنهاد شیخ بهایی، با حفر ترانشه ای جهت انتقال آب از رودخانه کوهرنگ(از سر شاخه ی رودخانه کارون) به حوضهٔ زاینده رود مورد بررسی قرار گرفت. اولین طرح اجرایی انتقال آب به این منظور، طرح سد و تونل اول کوهرنگ می‌باشد که توسط سر الکساندر گیپ و همکاران در سال ۱۳۳۲ به بهره برداری رسید. پس از آن طرح سد و تونل دوم کوهرنگ و تونل ماربران توسط مهندسین مشاور سوگرا بررسی شد و درسال ۱۳۶۴ این پروژه به بهره برداری رسید. طرح سد و تونل سوم کوهرنگ توسط مهندسین مشاور زاینداب در سال ۱۳۶۴ شروع گردید که در سال ۱۳۹۰ به بهره برداری رسید. تاکنون مطالعات محدودی در مورد بهینه سازی بهره برداری از سیستم های سد و تونل انتقال در داخل کشور انجام شده است.

۲-۳ پیشینه مطالعات در زمینه انتقال آب بین حوضه ای

کارآموز (۱۳۸۲) بهینه سازی بهره برداری از سد زاینده رود و تحلیل اقتصادی سیستم انحراف آب به تونل کوهرنگ ۳ را با در نظر گرفتن طرح انتقال آب چشمه لنگان انجام داد. ممتاز پور و همکاران (۱۳۸۳) کفایت ظرفیت مخزن سد زاینده رود را در سه مقطع زمانی شراط فعلی، میانی و توسعه مورد بررسی قراردادند. تابع هدف مدل ایشان بیشینه کردن سطح زیر کشت بوده است. در مقطع زمانی اول، ایشان اثر اعمال برنامهٔ بهینه سازی به‌منظور بهره برداری بهتر از مخزن سد و بیشینه کردن سطح زیر کشت در منطقه در مقایسه با حالتی که از این برنامه استفاده نشود را بررسی کردند. در مقطع زمانی دوم، تأثیر افزایش ظرفیت سد زاینده رود (با توجه به آوردهای جدید) بر افزایش سطح زیر کشت در منطقه مورد بررسی قرارگرفته است و در بخش سوم، نقش و تأثیر افزایش دامنه بهره برداری از ظرفیت کل سد بر افزایش سطح زیر کشت مورد بررسی قرارگرفته است.

Micklin (1985) به بررسی طرح های انتقال بین حوضه ای آب در آمریکا پرداخت. طرح های مورد بررسی، عموماً طرح هایی در مقیاس بزرگ و در فاصله های طولانی بودند. این مطالعه شامل تقریباً همه طرح های انتقال بین حوضه ای موجود و در دست مطالعه در ایالات مختلف آمریکا بوده است.

Lund (1995a) و همکاران به‌صورت توصیفی به تحلیل، مزایاو معایب و دلایل و ضرورت های انتقال آب پرداختند.

Lund (1995b) مدل بهینه سازی خطی چند مرحله ای را به‌صورت تک هدفه و با هدف کاهش هزینه های طرح انتقال را در پروژه ی انتقال آب شهری در غرب آمریکا ارائه کرد.

Soulsby et al. (1999) بهره برداری از طرح های انتقال آب را در یک مطالعه در انگلستان شرح دادند و اثرات آن‌ها را بر رژیم جریان، کیفیت آب و اکولوژی رودخانه تشریح کردند.

ابریشمچی و همکاران (۱۳۸۰)، ضمن تأکید بر رعایت معیارها در طراحی و انتخاب طرح های انتقال بین حوضه ای آب، انتقال بین حوضه ای آب در ایران و جهان را بررسی کردند. طبق تحقیقات انجام گرفته توسط آن‌ها، سه معیار مهم که می بایست در تصمیم گیری لحاظ شوند، ۱)پایداری، ۲)کارایی و۳) عدالت می‌باشد.

Yerjevich (2001) بحث انتقال آب بین حوضه ای را از دیدگاه های مختلف ازجمله زمین شناسی، مورفولوژی و هیدرولوژیکی و نقش دولت را به‌صورت توصیفی بررسی کرده و به لزوم تئوری های حل اختلاف در پروژه های انتقال آب تاکید داشتند.

کارآموز و همکاران (۱۳۸۳) انتقال آب را یک ضرورت ملی و در قالب حسابرسی های اقتصادی، زیست محیطی و آگاهی از منظور کردن اثرات ملموس و نا ملموس اجرای اینگونه طرح ها بررسی کردند.

خاتمی و رفیعی (۱۳۸۳) به مطالعه، بررسی و جمع آوری اثرات مثبت و منفی، به ویژه اثرات زیست محیطی کانال‌های انتقال آب برای استفاده‌های مختلف پرداختند. و راهکارهایی را به‌عنوان برطرف کردن اثرات مخرب طرح های انتقال آب مطرح کردند.

قمشی (۱۳۸۳) به بررسی پیامدهای انتقال آب از سرشاخه‌های رودخانه‌های کارون و دز به سایر مناطق کشور پرداخته و نتیجه گرفته که منابع آبی نمی‌تواند نیاز آبی دشت خوزستان را تأمین کند و پیشنهاد کرده حوضه‌های شرقی کشور به جای کشاورزی و نیاز به آب به سمت صنعت پیشروی کنند.

Kashyap (2004) جنبه های مختلف مسئله انتقال آب بین حوضه ای را بررسی کرده و نشان داد درصورتی‌که الگوهای برداشت آب در حوضه‌های مبدأ و مقصد به‌طور مناسبی ارائه و اجرا نشوند، انتقال بین حوضه ای می‌تواند تعادل دینامیکی سیستم آب زیرزمینی را بر هم می زند.

Matete and Hassan (2005) در یک مطالعه موردی انتقال آب بین دو حوضه در آفریقای جنوبی نقش اختلاط جنبه های پایداری زیست محیطی و برنامه ریزی توسعه اقتصادی را نشان دادند. آن‌ها با استفاده از ماتریس حسابرسی اجتماعی – اقتصادی که جنبه های اکولوژیکی را نیز به همراه سودهای اقتصادی پروژه انتقال در نظر می‌گیرد، اثرات افت کیفیت اکولوژی منطقه در پایین‌دست سدهای محل انتقال آب بر محیط‌زیست و زندگی شهری اطراف رودخانه حوضه محل انتقال و درنهایت بر وضعیت اقتصاد ملی مورد بررسی و تحلیل قراردادند.

Carvalho and Magrini (2006) پروژه های انتقال آب را بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که یک روش راهبردی در مواردی مناسب است که تصمیم گیری ها بر اساس یک روند تدریجی در طول زمان در شرایط وجود عدم قطعیت سیاسی، اداری و قانونی انجام شوند.

Thatte (2007) جنبه های مختلف طرح های انتقال بین حوضه ای آب را مورد بررسی قرارداد. او مطرح کرد که برای یک طرح انتقال بین حوضه ای آب لازم است جنبه های مختلفی مانند امکان پذیری فنی، نیازمندیهای اجتماعی، توجیه پذیری اقتصادی وپایداری زیست محیطی در نظر گرفته شود تا درنهایت منجر به رشد و توسعه شود.

سعدی نیا و همکاران (۱۳۸۷) اثرات انتقال آب را در طرح های انتقال آب بین حوضه ای حوضه‌های بهشت آباد و کوهرنگ با استفاده از مدلWeap شبیه سازی کرده و نتیجه گرفتند که خروجی حوضه‌های مذکور در آینده درصورتی‌که طرح های توسعه منابع آب اجرا نگردند، ۲۷ درصد کاهش یابد.

You et al. (2009) در مطالعه ای، توسعه هم‌زمان منابع آب محلی درون حوضه وتوسعه طرح های انتقال بین حوضه ای آب را توصیه کردند. به این منظور، آن‌ها روش چند مرحله ای جدیدی را پیشنهاد کردند که با استفاده از تحلیل سناریو به تصمیم‌گیرندگان در بحث بهره برداری هم‌زمان منابع آب درون و بیرون حوضه کمک می کرد.

Zarghami et al. (2009) روش جدیدی بر اساس تلفیق کمی کننده های فازی و اپراتورهای OWA ارائه دادند. آن‌ها مدل نظری خود را با کاربرد در یک مطالعه واقعی با چهار طرح انتقال آب بین حوضه ای در زاینده رود اصفهان بررسی کردند و نشان دادند استفاده از این مدل جدید، نتایج دقیق تری به دست خواهد داد.

Karamouz et al. (2010) امکان پذیری دو پروژه انتقال آب از حوضه رودخانه کارون به حوضه‌های میانی ایران را مورد بررسی قراردادند. آن‌ها مدل بهینه سازی با تابع هدف حداکثر سازی سود اقتصادی خالص توسعه دادند. همچنین، آن‌ها به‌منظور در نظر گرفتن مسائل کیفی، مدل شبیه سازی کیفی به کار بردند و نتایج آن را با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی با مدل بهینه سازی تلفیق کردند.

Sadegh et (2013) نیز بهینه سازی بهره برداری از سد سولگان و تونل انتقال آب به رفسنجان را با استفاده از مدل بهینه سازی الگوریتم ژنتیک و با به کار گیری تئوری بازی ها به انجام رساندند.

خواجه پور و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی انتقال آب از سرشاخه‌های کارون و دز پرداختند. آن‌ها ضمن بیان این مطلب که آورد کارون ۳۷ درصد نسبت به گذشته کاهش داشته است، عنوان کردند در جاهایی که با افزایش بهره وری امکان رفع مشکل باشد، انتقال آب باید آخرین گزینه در رفع مشکل باشد.

سمیعی و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی لزوم توجه به ابعاد اجتماعی پروژه های انتقال آب و به خصوص آگاه سازی مردم حوضه ی مقصد تاکید کردند. آن‌ها با بررسی چندین پروژه انتقال آب بیان کردند که در صورت توجه به زیر ساخت های فرهنگی، ممکن است طرح های انتقال آب، سبب ایجاد تصور اشتباه در مردم نسبت به عدم محدودیت آب شده و طرح شکست بخورد.

۲-۴ پیشینه مطالعه در زمینه مدیریت تخصیص آب و کاربرد تئوری بازی‌ها در تخصیص منابع

اولین بار Shaley(1995) مفهوم ارزش شاپلی را به‌عنوان یک ابزار سودمند برای حل بازی‌های همکارانه ارائه کرد. این روش با پیدا کردن یک مجموعه از سودها یا هزینه ها که به بازیگران حاضر در ائتلاف تخصیص می‌دهد، یک راه حل برای بازی ارائه می‌دهد.

Rogers(1969) اولین مطالعه در زمینه کاربرد تئوری بازی‌ها در مدیریت تخصیص منابع آب را به کمک رو یکردی مبتنی بر این نظریه و بر روی یک مطالعه موردی در رود گنگ بین پاکستان و هند انجام داد. حاصل مطالعات او مجموعه استراتژی هایی بود که می‌توانند بستر لازم برای همکاری این دو کشور را فراهم کرده و سود قابل ملاحظه ای را عاید هر دو آبیر کند.

Tisdell and Harrison(1992) روش های مختلف بازی‌های همکارانه را در تخصیص آب در ایالت کوییزلند استرالیا به کار برده و با مقایسه نتایج بازی‌های همکارانه مختلف به بررسی عادلانه ترین توزیع آب و درآمد پرداختند.

North (1993) یک مدل برنامه ریزی چندهدفه به‌منظور حل مناقشات آبی ارائه کردند. در این مدل شاخص های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی منظور شده بود.

Lejano and Davos(1995) از یک روش بازی چند نفره تحت عنوان نوکلئوس(Nucleolus) نرمال شده برای تخصیص سود حاصل از همکاری بین بازیکنان را در پروژه استفاده مجدد از آب در کالیفرنیای جنوبی استفاده کرده و نتایج این روش را با سایر روش ها مانند نوکلئوس و ارزش شاپلی مقایسه کردند.

Chuntain and Chau (2002)یک مدل رفع اختلاف بین سه گروه را برای بهره برداری از مخازن کنترل سیلاب ارائه نمودند. بدین ترتیب که ابتدا چانه زنی بین دو عضو انجام شده و سپس، با استفاده ازیک الگوی فازی، راه حل نهایی برای حصول شرایط مطلوب طرفین ارائه می گردد.

Yaron(2002) از مدل های مبتنی بر نظریه بازیها برای ارزیابی ارزش اقتصادی شرایط مختلف همکاری و عدم همکاری بین دو کشور اسرائیل و فلسطین و بررسی مناقشات موجود بر سر منابع آب مشترک بین این دو کشور استفاده نمود.

Shirangi and Kerachian (2003) به کمک تئوری چانه زنی Young قوانین بهره برداری کمی-کیفی از مخازن سد ها را ارائه نموده و بهترین پاسخ روی منحنی تبادل اهداف تعیین شد.

Kucukmehmetoglu and Guldmann (2004) از یک مدل برنامه ریزی خطی به‌منظور تخصیص آب رودخانه های دجله و فرات به بخشهای کشاورزی، آب شهری و همچنین برقابی استفاده نموده اند .در واقع مدل آن‌ها بر مبنای ماکزیمم کردن کل سود خالص حاصل از مصرف آب در بخش‌های مذکور در سه کشور ترکیه، سوریه و عراق می‌باشد. آن‌ها سپس از مدل خود جهت ارزیابی پیامدهای اقتصادی انواع استراتژی های همکاری و عدم همکاری که می‌تواند توسط هر یک از ذینفعان اتخاذ شود، بهره گرفته اند. در این راستا، آن‌ها از مفاهیم مبتنی بر نظریه بازیهای همکارانه مانند هسته و ارزش شاپلی برای شناسایی تخصیص های پایدار که همه ذینفعان مایل به قبول آن‌ها باشند، استفاده نمودند. درنهایت خروجی مدل آن‌ها، تخصیص عواید حاصل از همکاری بین بازیکنان برای مقادیر مختلف قیمت انرژی و نیز بهره‌وری اقتصادی بود.

Bhaduri and Barbier (2003) به ارزیابی چگونگی تقسیم آب رودخانه گنگ بین دو کشور هند و بنگلادش و نیز بررسی امکان هرچه بیشتر انتقال آب از کشور نپال پرداختند .بدین منظور، آن‌ها از یک نوع خاص از بازی همکارانه به نام بازی پسرو– پیشرو جهت تعیین تقسیم بهینه آب منحرف شده از کشور بنگلادش توسط کشور هند تحت شرایط با و بدون طرح انتقال استفاده نموده اند.

Wang et al. (2003) به‌منظور تخصیص عادلانه، کارآمد و پایدار منابع آب به آببران از یک مدل مبتنی بر نظریه بازیهای همکارانه استفاده کرد. در ابتدا، آب به‌صورت اولیه و بر اساس حقوق قانونی آن‌ها و یا تفاهم نامه های موجود، بین ذینفعان تقسیم شده و سپس،به‌منظور بهبود شرایط همکاری عادلانه بازتوزیع آب و سود خالص، بین آن‌ها صورت گردید.

Fang et al. (2005) ازیک مدل دو مرحله ای برای در نظر گیری سه شاخص عدالت، اقتصادی و پایدار آب به آبران سیستم در حوضه آبریز دریاچه آرال استفاده کردند.آن‌ها ابتدا روش تخصیص اولویت پایه را برای تخصیص اولیه حقا به ها به کاربرده و سپس یک مدل همکارانه تخصیص آب برای دستیابی به شرایط گفته شده استفاده کردند.

Dinar et al. (2006) یک بازی همکارانه مبتنی بر رو یکردهای مذاکره (چانه زنی) و تئوری بازی‌ها (شاپلی و نوکلئولوس) را در یک مسئله تخصیص آب در آفریقای جنوبی به کار بردند. گرچه نتایج عددی حاصل از دو مدل تا حدودی با هم متفاوت بود، ولی این دو روش مقادیر سود تخصیصی یکسانی را به به بازیکنان را برای ترکیبهای مختلف همکارانه به دست می دادند.

Kerachian and Karamouz (2006,2007) دو مدل رفع اختلاف غیر قطعی ای را برای بهره برداری کمی و کیفی از سیستم های مخزن و رودخانه–مخزن به ترتیب در سد ۱۵ خرداد و سیستم رودخانه مخزن قم رود ارائه دادند. آن‌ها برای نخستین بار امید ریاضی تابع ضربی Nash[1] را به‌عنوان تابع هدف مدل بهره برداری کمی و کیفی از سیستم های منابع آب مورد استفاده قراردادند.

Wang et al. (2007) از مدل CWAM در حوضه جنوب آلبرتا در کانادا و در دوگام استفاده کردند. در گام اول از دو مدل PMMNF[2] و LMWSR[3] برای تخصیص حقا به ها و در گام دوم از ارزیابی سود خالص اقتصادی و به کمک نظریه بازی‌ها استفاده کردند.

Eleftheriadou and Mylopoulos (2008) مفاهیم تئوری بازی‌ها را به‌منظور ارزیابی کمی اثرات کاهش آب رودخانه در مطالعه یک رود خانه بین مرزی یونان و بلغارستان به کار بردند. آن‌ها نتیجه گرفتند به کار بردن تئوری بازی‌ها، از دستیابی به نتایج غیر منطقی جلوگیری می‌کند و به کاهش اعمال قدرت و نفوذ در تصمیم گیری کمک می‌کند.

Wang et al. (2008) الگوریتمی را برای تخصیص آب درون حوضه ای به‌صورت همکارانه ارائه دادند. آن‌ها در ابتدا توسط مدل های ریاضی تخصیص اولیه حقا به ها را بر اساس قوانین موجود و با توجه به قیود فیزیکی سیستم انجام دادند و سپس

[1] Nash Product

[2] *priority*-based multiperiod maximal network flow

[3] Lexicographic Minimax Water Shortage Ratios

برای برقراری شرایط عادلانه، تخصیص آب را براساس مدل تخصیص سود و هزینه به وسیله بعضی مدل های کلاسیک مربوط به نظریه بازی‌ها انجام دادند. آن‌ها مدل خود را در منطقه ساسکاچوان در جنوب کانادا ارزیابی کردند.

همایونفر و همکاران (۱۳۸۹) روش بازی پویای جدیدی که دارای حل صریح می‌باشد، ارائه کردند. مدل جدید علاوه بر آنکه یک مدل پو یا به حساب می آمد دارای حجم محاسباتی پایین و شاخص کارایی بالاتری بود. کارایی مدل در حوزه پایین‌دست سد زاینده رود ارزیابی گردید.

Kronaveter and Shamir (2009) مدلی را تحت عنوان سیستم پشتیبانی مباحثه[1] به‌منظور ارزشیابی میزان مؤثر بودن فرآیندهای مباحثه و چانه‌زنی و روند دستیابی به پاسخ موردقبول دوطرف دعوی و از دو سری مطالعات شامل بررسی‌ها با بازیگران واقعی بازی و با بازیگران شبیه‌سازی‌شده ارائه کردند. کارایی مدل در یک مطالعه موردی فرضی با شرکت دو کشور همسایه که بر سر منابع آب مشترک با یکدیگر به رقابت می‌پرداختند، موردبررسی قرار گرفت.

Kucukmehmetoglu (2009) روشی را برای اندازه‌گیری اثرات منطقی اقتصادی و سیاسی پروژه‌های مربوط به ساخت مخزن در رودخانه‌های مشترک بین چند کشور یا چند منطقه ارائه و کارایی آن را در رودخانه دجله و فرات به کار بست. این روش از ترکیب برنامه‌ریزی خطی و مفاهیم تئوری بازی‌ها برای ارزیابی اثرات احداث یک سد مخزنی استفاده می‌کرد. نتایج کاربرد مدل پیشنهادی او نشان داد که ایجاد ائتلاف‌ها در سطح حوضه ممکن است نیاز به ساخت سدهای مخزنی اضافه و هزینه‌های سرمایه‌گذاری را کاهش دهد.

Niksokhan et al. (2009a) با استفاده از تئوری رفع اختلاف مدلی را برای تجارت مجوز تخلیه بار آلودگی در رودخانه‌ها توسعه دادند. آن‌ها با استفاده از تئوری چانه‌زنی Young و بر اساس مطلوبیت بین تصمیم‌گیرندگان و تأثیر پذیرندگان سیستم‌های رودخانه‌ای، نقطه موردتوافق را روی منحنی تعامل بین اهداف که از روش بهینه‌سازی NSGA-II[2] به‌دست‌آمده بود، تعیین نمودند. منحنی تعامل بین مجموع هزینه تصفیه و ریسک فازی تخطی از استانداردهای کیفیت آب تدوین شد. از سوی دیگر، حداکثر تخلیه آلودگی هرکدام از تخلیه کننده‌ها با استفاده از یک مدل بهینه‌سازی تعیین‌شده، با مقایسه مقدار به‌دست‌آمده از روی منحنی تعامل بین اهداف و حداکثر مقدار محاسبه‌شده، واحدهای خریدار و فروشنده بر آلودگی و درنتیجه شیوه دادوستد بین آن‌ها

[1] Negotiation Support System

[2] Non-dominated Genetic algorithm II

تعیین شدند. بدین ترتیب سیاست‌های بهینه مدیریت کیفیت آب رودخانه، به‌گونه‌ای تدوین شدند که مطلوبیت هریک از طرف‌های درگیر تا حد امکان به‌صورت عادلانه تأمین گردد.

Niksokhan et al. (2009b) با استفاده از مفاهیم بازی‌های همکارانه روشی مؤثر را برای تجارت مجوز تخلیه آلودگی در سیستم‌های رودخانه‌ای بر اساس اختلاف‌های بین آببران و تصمیم‌گیرندگان درگیر پیشنهاد دادند. آن‌ها نحوه تجارت مجوزهای تخلیه بار آلودگی به‌گونه‌ای تعیین کردند که علاوه بر رعایت استانداردهای مربوط به کیفیت آب رودخانه، معیارهای اقتصادی و عدالت نیز رعایت گردد.

Zaman et al. (2009) ترکیب یک مدل تجارت اقتصادی با مدل هیدرولوژیکی تخصیص آب[1] (REALM) را در مقاله خود شرح دادند. با استفاده از این مدل، ویژگی‌های سیستم تحویل آب و قواعد بهره‌برداری از منابع آب در مراکز اصلی شهری و آبیاری در شمال ویکتوریا در استرالیا بررسی شد. آن‌ها در تحلیل‌های خود، تنگناهای موجود در بحث تجارت و سودهای اقتصادی را در قالب نمونه‌هایی از تحلیل سناریوهای تجارت آب موردبررسی قراردادند. نتایج حاکی از آن بود که در برخی مناطق، تجارت می‌تواند تأثیر شرایط خشک‌سالی طولانی مدت را برای آببران بدتر کند.

Madani (2010) به کمک مفاهیم بازی‌های غیر همکارانه قابلیت‌های تئوری بازی‌ها را در مدیریت منابع آب و حل اختلاف بررسی کرد. او ساختار پویای مسائل منابع آب و اهمیت در نظر گرفتن مسیر تکامل بازی در بررسی این‌گونه مسائل را نشان داد.

Wei et al. (2010) مدل‌های مبتنی بر تئوری بازی‌ها را برای تحلیل و حل اختلافات موجود در بحث تخصیص آب و کاهش غلظت نیتروژن در یک مطالعه موردی انتقال آب در شمال چین به کار بردند. شبیه‌سازی‌های بازی‌ها شامل دو مرحله اصلی بود که بازی اصلی دارای ۵ بازیکن بود و ۴ زیر بازی نیز شامل ۳ زیر بازیکن بودند. آن‌ها از روش‌های اقتصادسنجی و آماری[2] برای فرموله کردن توابع پرداخت‌های مالی به بازیکنان، روش‌های ارزش‌گذاری اقتصادی(EVMs[3]) به‌منظور تبدیل ارزش‌های غیرمالی

[1] Resource Allocation Model

[2] Statistical and Econometric Regression

[3] Economic Valuation Methods

به مالی تحلیل‌های سود – هزینه[1] (CBA) برای مقایسه عواید بازی و تحلیل‌های سناریو برای بررسی عدم قطعیت‌های مربوط به شرایط آینده استفاده کردند. برای اعتبار سنجی شبیه‌سازی بازی، پیش‌بینی‌ها با مشاهدات تاریخی مقایسه شدند. نتایج مدل آن‌ها نشان داد که همکاری منجر به بهبود وضعیت برخی بازیکنان می‌شود و از طرفی باعث خسارت به برخی دیگر می‌شود. نتایج مدل شبیه‌سازی سناریوی آن‌ها نشان داد که در نواحی فقیر ازنظر آب، بازیکنان بدون همکاری حتی در یک سناریوی خوش‌بینانه قادر به حل مشکل کمبود آب خود نیستند و البته بیشترین عدم قطعیت در همکاری ناشی از آلایندگان اصلی سیستم می‌شود. درنهایت، در این مقاله ضرورت طراحی مکانیزمی برای کاهش ریسک وارد شدن خسارت به بازیکنان را به‌وسیله پرداخت‌های جانبی بین آن‌ها نشان می‌دهد تا به این وسیله انگیزه‌ای برای همکاری در آن‌ها ایجاد شود .

Mahjouri and Ardestani (2010) سه ساختار جدید برای تخصیص بین حوضه‌ای آب ارائه کردند و کارایی این ساختارها را در طرح انتقال آب از سرشاخه‌های کارون به رفسنجان موردبررسی قرارداد. به‌طورکلی نتایج نشان‌دهنده‌ی کاربردی و جامع بودن ساختارهای پیشنهادی بود. البته سناریوی سوم که در آن ائتلاف‌های فازی تشکیل گردید سود بیشتری معادل ۷/۶۹ ٪ را در مقایسه با حالتی که فقط در ائتلاف‌های معمولی شرکت می‌کرد، به دست آورد. لیکن درنهایت انجام این پروژه انتقال آب را در صورت باز توزیع مناسب منافع بین ذی‌نفعان در حوضه‌های مبدأ و مقصد از ابعاد ملی و محلی مفید عنوان گردید.

Bhaduri and Barbier (2011) در یک پروژه انتقال آب در هند بررسی کردند، آن‌ها به کمک تئوری بازی‌ها و با بررسی چندین سناریو مبتنی بر ارتباط سیاسی بازیکنان دریافتند که تخصیص آب بر اساس بازار فروش مناسب بوده و تخصیص بر اساس قیمت درآمد مناسبی را عاید مشترکان نمی‌کند.

Abrishamchi and Danesh yazdi (2011) به بررسی تئوری بازی‌ها در حل مناقشات آبی حوضه دریاچه ارومیه بین ۳ بازیکن آذربایجان غربی، آذربایجان غربی و کردستان پرداختند. این تحقیقات نشان داد که تئوری بازی‌های همکارانه می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مفید در تخصیص منابع آب در رودخانه ارومیه به کار گرفته شود.

[1] Cost Benefit Analysis

۲-۵ پیشینه مطالعات در زمینه کاربرد مدل گراف در حل مناقشات مرتبط با مدیریت منابع آب

مدل گراف جهت حل مناقشه (GMCR)[۱]، روشی منسجم جهت تحلیل مناقشات در دنیای واقعی می‌باشد و می‌توان به کمک آن به بررسی بسیاری از مسائل مختلف در حوزه مهندسی محیط‌زیست پرداخت(Kilgour et al. ۱۹۸۷). اولین نسخه این مدل با عنوان GMCR I یا GMCA در سال ۱۹۹۰ توسط هایپل و همکاران به بازار عرضه شد. سپس در سال ۱۹۹۹ نسخه بعدی این مدل بانام GMCR II که توانایی مدل‌سازی مناقشاتی با وضعیت‌های ممکن بالاتر(۶۰۰ وضعیت) را دارا بود. نسخه جدید این مدل در سال ۲۰۱۴ توسط کینسارا و همکاران ارائه شد که نسبت نسخه‌های قبلی تفاوت‌های بسیاری داشته است و پیرامون توانایی‌های بالقوه این نسخه در فصل بعد اشاره خواهد شد. مدل GMCR در مدیریت منابع آب و حل مناقشات مربوط به آن کاربردهای زیادی داشته است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

مدنی و همکاران[۲] در سال ۲۰۱۱ به بررسی مناقشه حوضه رود نیل با کمک مدل GMCR II پرداختند. کشورهای بالادست حوضه رود نیل، اتوپیا، سودان و مصر به‌عنوان کشورهای دخیل در مناقشه در نظر گرفته شد. در این مناقشه سناریوهای همه بازیکنان به‌جز مصر به‌صورت: ۱- تبعیت از معاهده ۱۹۵۹ ۲- همکاری با سایر بازیکنان۳- توسعه طرح‌های آبی به‌طور مستقل تعریف شد. سناریوهای مصر نیز به‌صورت: ۱- تبعیت از معاهده ۱۹۵۹ ۲- همکاری با سایر بازیکنان ۳- اقدام تلافی‌جویانه اقتصادی(تحریم) و نظامی تعریف شد. در انتها با توجه به نقاط تعادل به‌دست‌آمده، مشاهده می‌شود که کشورهای بالادست به سمت توسعه مستقل و یک‌جانبه در طرح‌های آبی خود حرکت می‌کنند و مصر نیز به دنبال اقدام تلافی‌جویانه می‌باشد و در یک حالت تعادل بازی نیز بازیکنان(غیر از کشورهای بالادست) سناریو همکاری را انتخاب می‌کنند.

هایپل و همکاران[۳] در سال ۲۰۱۳ با استفاده از نظریه بازی‌ها به بررسی مناقشه رودخانه فرات که در مهروموم‌های ۱۹۷۵، ۱۹۹۰ و ۱۹۹۸ به وجود آمد، پرداخته‌اند. این مناقشه در سال ۱۹۷۵ بین کشورهای سوریه و عراق و در اثر ندادن حق‌آبه رودخانه فرات به

[۱] Graph Model for Conflict Resolution

[۲] Madani et al.

[۳] Hipel et al.