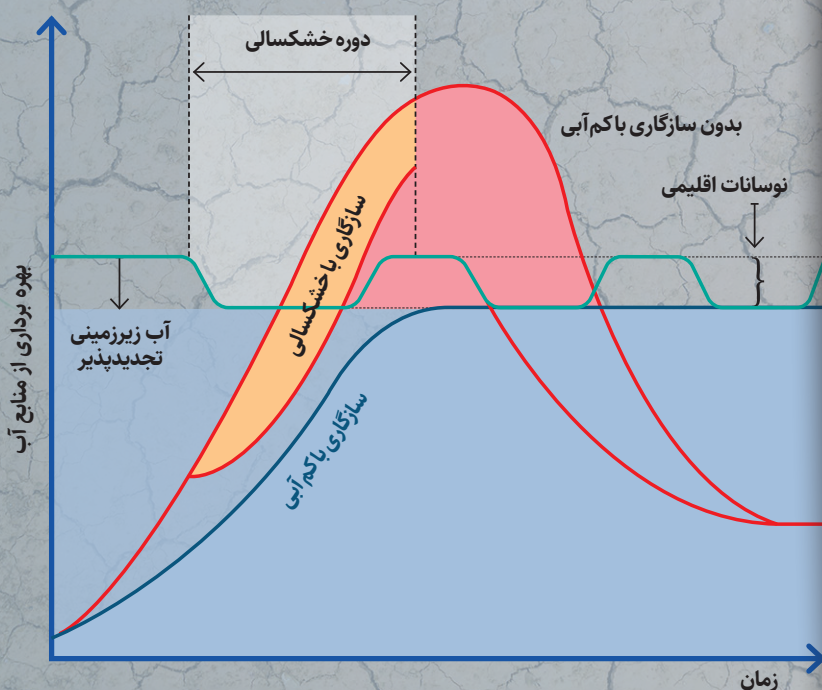


# آب و توسعه پایدار

سال هشتم - شماره اول (پیاپی ۱۹)  
بهار ۱۴۰۰

## خشکسالی در قاب سازگاری با کم آبی



«توضیحات مربوط به نمودار در سرمقاله آمده است»

### فهرست مقالات

- **تحلیلی بر نظریه‌های حکمرانی و مدیریت منابع آب در ایران**  
مائده اسکوهی، کاظم اسماعیلی
- **بررسی مصرف آب با رویکرد پیوند آب و انرژی در نیروگاه‌های چرخه ترکیبی ایران**  
سرور قدرتی، نرگس کارگری، فروغ فرساد، امیرحسین جاوید، علیرضا حاجی ملاعلی‌کنی
- **گروداران منابع طبیعی**  
مهدی کلاهی
- **هدف و هدف‌گذاری در برنامه‌ریزی استراتژیک، مطالعه موردی: شرکت آبفای استان قم**  
علی‌جان صادق‌پور، عبدالهادی مطهری، علی نجات‌بخش اصفهانی
- **واکاوی موانع مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی از دیدگاه گندمکاران روستاهای شهرستان مراغه**  
فاطمه کاظمیه، اسماء عیدی، شاپور ظریفیان
- **شناخت و اولویت‌بندی پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی خشک شدن دریاچه ارومیه در روستاهای پیرامون**  
مهدی امینی، حسین کوهستانی، فاطمه کاظمیه
- **مروری بر کاربردهای انرژی خورشیدی در تأمین برق سامانه‌های آب و فاضلاب، با تأکید بر وضعیت موجود در آبفای ایران**  
امیررضا محمودی، محمد سلطانی اصل، بهرام تقی‌زاده دربان
- **بررسی اثرآبیاری با پساب شهری بر شاخص‌های رشد گونه‌های فضای سبز تهران (خرزهره و فستوکا)**  
صادق پرتانی، عطیه محمودی مظفر
- **افزایش کارایی مصرف آب در کشت مکانیزه گندم با استفاده از خطی کارکف کار در شرایط خاک‌های شور**  
علی رشاد صدقی، رامین نیکان‌فر
- **بررسی الگوی کشت محصولات زراعی استان‌های سمنان و ایلام با تأکید بر نقش آب مجازی در بهره‌وری آب**  
رقیه پوران، حسین راغفر

سال هشتم - شماره اول (پیاپی ۱۹) - بهار ۱۴۰۰

این نشریه طبق نامه شماره ۱۲۶۶۳۱/۱۸/۳ مورخ ۱۳۹۴/۰۶/۲۹ از کمیسیون بررسی نشریات علمی وزارت علوم تحقیقات و فناوری، اعتبار علمی دریافت نموده است. همچنین این نشریه در تاریخ ۱۳۹۴/۱۱/۰۵ موفق به دریافت پروانه انتشار نشریه از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی به شماره ثبت ۷۶۷۶۶ شده است.

صاحب امتیاز  
مدیر مسئول  
سر دبیر

دانشگاه فردوسی مشهد  
ناصر شاهنوشی فروشانی / استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد  
بیزن قهرمان / استاد بازنشسته گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

اعضای هیئت تحریریه

کاظم اسماعیلی / دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد  
حسین انصاری / استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد  
علی باقری / دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه تربیت مدرس  
محمد جلیلی / دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی  
کامران داوری / استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد  
حسین علی دادی / استاد گروه مهندسی بهداشت محیط و حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی مشهد  
حمیدرضا ناصری / استاد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

شورای سیاست گذاری

احمد سیاحی (ریاست شورا) / مدیر کل دفتر تحقیقات، توسعه فن آوری و ارتباط با صنعت شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور  
حسین اسماعیلیان / مدیر عامل شرکت آب و فاضلاب مشهد  
محمد علایی / مدیر عامل شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی  
سید یحیی موسوی / دبیر اندیشگاه آب شرکت مدیریت منابع آب ایران  
ناصر شاهنوشی فروشانی / مدیر مسئول نشریه  
بیزن قهرمان / سر دبیر نشریه

مشاوران هیئت تحریریه

انوش نوری اسفندیاری / اندیشکده تدبیر آب ایران  
سید حسین سجادی فر / شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور  
عباسعلی قزل سوفلو / استادیار گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد  
مهدی کلاهی / دانشگاه فردوسی مشهد  
غلامرضا کلائی / شرکت آب و فاضلاب مشهد  
ثمانه توکلی امینیان / شرکت آب و فاضلاب مشهد

کارشناس اجرایی  
ویراستاری  
طراحی جلد  
ترتیب انتشار / ناشر  
شماره شاپا  
تارنما / رایانامه  
آدرس  
حامی مالی  
پایگاه های نمایه شده

مهری شاهدی، فاطمه طالبی حسین آباد  
مرجان قوچانیان، مهری شاهدی (فنی و ادبی) / مائده اسکوهی (لاتین)  
محمدرضا شیخی  
فصلنامه / انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد  
۵۴۷۴-۲۴۲۳  
<https://jwsd.um.ac.ir/> Email: [jwsd@um.ac.ir](mailto:jwsd@um.ac.ir)  
دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب، دفتر نشریه، صندوق پستی ۹۱۷۷۵-۱۱۶۳  
شرکت آب و فاضلاب مشهد  
پایگاه استنادی علوم ایران (ISC)، پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID)، بانک اطلاعات نشریات کشور (MAGIRAN)



|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| الف | سرمقاله: سازگاری: کم‌آبی یا زیادی مصرف؟/ علی باقری (عضو هیئت تحریریه نشریه)                                                                                                                                                                                                                |
| ب   | یادداشت‌های کوتاه: موانع موجود پیش‌روی تدوین فازهای بعدی برنامه ملی سازگاری با کم‌آبی/ بنفشه زهرایی (مدیر کل دفتر مدیریت مصرف و ارتقای بهره‌وری آب و آبفا)<br>امتداد خشکسالی‌ها در دهه‌های آینده و لزوم توجه به برنامه مدیریت خشکسالی/ آذر زرین (ریاست پژوهشکده اقلیم‌شناسی و تغییر اقلیم) |
| ۱   | تحلیلی بر نظریه‌های حکمرانی و مدیریت منابع آب در ایران<br>مانده اسکوهی، کاظم اسماعیلی                                                                                                                                                                                                      |
| ۱۱  | بررسی مصرف آب با رویکرد پیوند آب و انرژی در نیروگاه‌های چرخه ترکیبی ایران<br>سرور قدرتی، نرگس کارگری، فروغ فرساد، امیرحسین جاوید، علیرضا حاجی ملاعلی کنی                                                                                                                                   |
| ۱۹  | گروداران منابع طبیعی<br>مهدی کلاهی                                                                                                                                                                                                                                                         |
| ۳۱  | هدف و هدف‌گذاری در برنامه‌ریزی استراتژیک، مطالعه موردی: شرکت آبفای استان قم<br>علی‌جان صادق‌پور، عبدالهادی مطهری، علی نجات‌بخش اصفهانی                                                                                                                                                     |
| ۴۱  | واکاوی موانع مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی از دیدگاه گندمکاران روستاهای شهرستان مراغه<br>فاطمه کاظمیه، اسماء عیدی، شاپور ظریفیان                                                                                                                                                          |
| ۵۱  | شناخت و اولویت‌بندی پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی خشک‌شدن دریاچه ارومیه در روستاهای پیرامون<br>مهدی امینی، حسین کوهستانی، فاطمه کاظمیه                                                                                                                                            |
| ۶۳  | مروری بر کاربردهای انرژی خورشیدی در تأمین برق سامانه‌های آب و فاضلاب، با تأکید بر وضعیت موجود در آبفای ایران<br>امیررضا محمودی، محمد سلطانی اصل، بهرام تقی‌زاده دربان                                                                                                                      |
| ۷۹  | بررسی اثر آبیاری با پساب شهری بر شاخص‌های رشد گونه‌های فضای سبز تهران (خرزهره و فستوکا)<br>صادق پرتانی، عطیه محمودی مظفر                                                                                                                                                                   |
| ۸۹  | افزایش کارایی مصرف آب در کشت مکانیزه گندم با استفاده از خطی‌کار کف‌کار در شرایط خاک‌های شور<br>علی رشاد صدقی، رامین نیکان‌فر                                                                                                                                                               |
| ۹۷  | بررسی الگوی کشت محصولات زراعی استان‌های سمنان و ایلام با تأکید بر نقش آب مجازی در بهره‌وری آب<br>رقیه پوران، حسین راغفر                                                                                                                                                                    |
| ۱۰۷ | یادداشت تحلیلی: مدیریت ریسک خشکسالی در شرایط تغییر اقلیم .../ آذر زرین، عباسعلی داداشی رودباری                                                                                                                                                                                             |





## سازگاری: کم آبی یا زیادی مصرف؟

همگان بر این موضوع اتفاق نظر دارند که کشور ما در منطقه خشکی از جهان واقع شده است. «خشکی»، یک ویژگی اقلیمی است که نباید با «خشکسالی» اشتباه گرفته شود. به عنوان مثال متوسط بارندگی سالانه در رامسر حدود ۲۰۰۰ میلی متر است، در حالی که همین عدد در دشت رفسنجان ۹۰ میلی متر می باشد. یعنی رامسر یک منطقه مرطوب و رفسنجان، یک منطقه خشک است. حال اگر در رامسر در یک سال، ۱۰۰۰ میلی متر باران بیارد، یعنی نسبت به متوسط درازمدت ۵۰٪ کاهش بارش دارد و این یک خشکسالی شدید محسوب می شود. ولی اگر در دشت رفسنجان ۱۰۰ میلی متر باران بیارد، آن سال یک سال تر محسوب می شود.

از آنجایی که خشکسالی یک پدیده موقت و گذراست، اقداماتی هم که برای سازگاری با آن اتخاذ می شوند، ماهیت موقتی دارند. این گونه اقدامات سازگاران با خشکسالی به دو رویکرد انفعالی و فعال تقسیم می شوند. در واکنش های انفعالی به پدیده خشکسالی، عملاً الگوی مصرف دستخوش تغییر نمی شود، بلکه تلاش می شود که با تأمین منابع جدید (ولو به صورت موقت) عرضه آب مدیریت شود و کاستی های آن جبران گردد. به عنوان مثال حفر چاه های جدید و تأمین کسری آب از محل آب های زیرزمینی، یک نمونه از واکنش انفعالی به خشکسالی است.

در رویکرد فعال به سازگاری با خشکسالی، تلاش می شود تقاضای آب مدیریت شود و متناسب با کاهش در منابع آب قابل دسترس، از میزان تقاضا کاسته شود. به عنوان مثال کشت نکردن بخشی از زمین های کشاورزی در دوره خشکسالی، نمونه ای از این اقدامات است. بدیهی است که تبعات اقتصادی و اجتماعی چنین اقداماتی باید از محلی دیگر (مانند بیمه محصولات کشاورزی) جبران شود.

واکنش های انفعالی به خشکسالی، بیشتر ماهیت فنی داشته، از آنجایی که درگیری اجتماعی کمتری دارند و در روند مصرف آب بهره برداران خللی به وجود نمی آورند، از مطلوبیت بیشتری از سوی گروه داران برخوردارند. ولی مشخص است که این رویکرد متکی به بازگذاری بیشتر روی منابع، بخصوص منابع زیرزمینی، است و باعث تجاوز از حد ظرفیت برد این منابع

خواهد شد. در درازمدت، خود این اقدامات انفعالی به صورت اقدامات دایمی باقی می ماندند و محرک مصرف بیشتر می شوند. در خیلی از شهرها، چاه هایی که برای تأمین آب شرب در مواقع خشکسالی حفر شدند، بعد از دوره خشکسالی نیز در مدار بهره برداری باقی ماندند. یعنی عملاً بعد از یک دوره خشکسالی، با تحریک سمت عرضه، مصرف آب بیشتر از دوره قبل از خشکسالی می شود.

واکنش های فعال به خشکسالی، تلاش می کنند با رعایت محدودیت منابع، از رشد مصرف جلوگیری کنند. در واقع در یک دوره موقت، یک الگوی بارگذاری جدید را روی منابع آب اعمال می کنند. این امر باعث می شود ضمن این که از حد ظرفیت برد منابع تجاوز نشود، بهره برداران نیز در یک روند فزاینده مصرف نیفتند. البته این رویکرد با وضعیت معیشتی و اقتصادی مردم تزاخم پیدا می کند و از این رو موانع اجتماعی بیشتری را پیش روی خود دارد. از همین رو، علی رغم پایداری بیشتر این رویکرد، گروه داران اقبال کمتری نسبت به آن نشان می دهند.

اما، مقوله سازگاری با «خشکی» از جنس سبک زندگی است. یعنی اینکه باید سبک زندگی و کار و فعالیت را با شرایط آبی منطقه خود تطبیق دهیم. هر منطقه هیدرولوژیکی یک ظرفیت آب تجدیدشونده دارد که به آن ظرفیت برد منابع آب می گویند. سبک زندگی و کار و فعالیت در هر منطقه باید در سطحی تنظیم شود که میزان آب مورد نیاز برای آن فعالیت ها از حد ظرفیت برد منابع آب تجاوز نکند. حتی به منظور لحاظ کردن عدم قطعیت های هیدرولوژیکی، لازم است سطح مصرف آب با یک حاشیه اطمینان چند درصد کمتر از آن تنظیم شود. در متون بین المللی توصیه شده است که میزان مصرف از منابع آب از ۴۰٪ منابع تجدیدشونده بیشتر نشود. تجاوز مصرف آب از حد ظرفیت برد منابع (بخصوص برای یک دوره طولانی) باعث تخریب زیرساخت های طبیعی ذخیره آب در منطقه می شود. مثلاً بیلان منفی آب زیرزمینی در یک دشت برای یک دوره طولانی، باعث نشست زمین و از دست رفتن ظرفیت ذخیره آبخوان ها می شود. به این پدیده «افت یا collapse» گفته می شود. به عبارت دیگر عدم سازگاری با شرایط هیدرولوژیکی در یک منطقه فقط به اینجا ختم نمی شود که با کمبود منابع مواجه شویم؛ بلکه در صورت مزمن شدن، به تخریب ظرفیت برد منابع آب هم منجر خواهد شد. متأسفانه این روند، بازگشت پذیر نیست.

آن چه که در موازنه منابع و مصارف تحت عنوان «کم آبی» می نامیم، در ذات خود حکایت از آن دارد که هنوز واقعیت های اقلیمی سرزمین خود را باور نکرده ایم. «کم آبی» یعنی اینکه رفتار ما درست است، ولی طبیعت، آب به اندازه کافی تأمین نمی کند. در حالی که واقعیت آن است که طبیعت در حد



## یادداشت کوتاه



### موانع موجود پیش‌روی تدوین فازهای بعدی برنامه ملی سازگاری با کم‌آبی

ویژگی سرزمینی، آب را تأمین می‌کند؛ اما رفتار ما تناسبی با این ویژگی ندارد. بنابراین بهتر آن است که به جای عبارت «سازگاری با کم‌آبی» از عبارت «سازگاری با زیادی مصرف» استفاده کنیم. «سازگاری با کم‌آبی» ناخودآگاه به راهکارهای افزایش عرضه رهنمون می‌شود. انواع پروژه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای برگرفته از این مفهوم هستند. حال آن که مفهوم «سازگاری با زیادی مصرف» یعنی اینکه باید رفتار مصرفی خود را در قبال منابع آب اصلاح کنیم و به سبک جدیدی در زندگی، کار و فعالیت، الگوهای سکونتگاهی، مدل‌های رشد اقتصادی و ... رو بیاوریم. در اقدامات عرضه‌محور برای سازگاری با کم‌آبی، از آنجایی که موتور رشد تقاضا مهار نمی‌شود، تمامی اقدامات تأمین آب، جنبهٔ مُسکن موقت خواهند داشت. یعنی بعد از گذشت مدتی، در اثر فعالیت موتور رشد تقاضا، دوباره با کمبود آب مواجه خواهیم شد. مثال بارز ناکارآمدی

این رویکرد، کمبود فزاینده آب در کلان‌شهرهایی مانند تهران، مشهد و اصفهان علی‌رغم اجرای چندین پروژه انتقال آب بین‌حوضه‌ای در آنهاست. سازگاری به منظور اصلاح رفتار مصرفی یک انتخاب نیست، بلکه یک الزام است. عدم توجه به این اصل اساسی فقط به اخلاص فعالیت‌های اقتصادی محدود نمی‌شود، بلکه حتی می‌تواند ابعاد وسیع‌تری را تا حد مناقشات اجتماعی، ناامنی انسانی و انقراض تمدن سرزمینی نیز در بر بگیرد. مفهوم اصلاح رفتار مصرفی متناسب با ظرفیت برد منابع آب، ضابطه و دستورالعمل و ... نیست که بشود با بخش‌نامه آن را پیش برد، بلکه یک پارادایم و باور است که باید در همهٔ شؤن فعالیت‌های ما حاکم باشد. از این رو این مفهوم فقط در دایرهٔ مأموریتی یک دستگاه مانند وزارت نیرو نمی‌گنجد، بلکه یک امر فرابخشی و اجتماعی است که همهٔ احاد جامعه را شامل می‌شود.

آب بخش‌های شرب، فضای سبز، صنعت و کشاورزی که در کارگروه‌های سازگاری با کم‌آبی استان‌ها با صرفه‌جویی و اصلاح مصرف، در حد ۳/۲ میلیارد متر مکعب در فاز اول و تا پایان برنامه هفتم توسعه (۱۳۹۹-۱۴۰۵) توافق شده و در کارگروه ملی سازگاری با کم‌آبی مصوب شده است. لازم به ذکر است، ۱/۰۸ میلیارد متر مکعب از برنامه‌های صرفه‌جویی مصوب شده، خارج از حوضه‌های هدف وزارت نیرو بوده‌اند.

اما در این نوشته کوتاه، بیش از آنکه بخواهم بر دستاوردهای برنامه تأکید نمایم، قصد دارم کاستی‌های موجود را که در فرآیند تدوین و اجرای این برنامه‌ها وجود داشته و دارد، ذکر کنم تا شاید با هم‌فکری و تلاش نخبگان و ذی‌مدخلان، موانع موجود پیش‌روی تدوین فازهای بعدی برنامه ملی سازگاری با کم‌آبی و اجرای آن‌ها، تا حد امکان برطرف شود.

بیش از یک و نیم سال طول کشید تا بانک‌های اطلاعاتی قابل استفاده برای تدوین و انسجام‌بخشی به برنامه‌های سازگاری با کم‌آبی آماده شود. با توجه به فواصل طولانی بین آماربرداری‌های سراسری منابع و مصارف آب، مجبور به درج آماری در برنامه‌ها شدیم که با واقعیت‌های فعلی روی زمین در برخی از استان‌ها تطابق خوبی نداشت و همین منجر به تنش‌های زیادی در زمان بررسی و تصویب برنامه‌ها شد. نبود یک سامانه ملی حسابداری آب و ساز و کاری برای تبادل اطلاعات بین بخش‌های مختلف دولت به‌خصوص بخش‌های آب و کشاورزی از مهمترین موانع در فرآیند ارزیابی برداشت‌ها و مصارف آب در ایران است. در بخش آب، در سال‌های گذشته و اخیر، توجه کافی به اندازه‌گیری و پایش مصارف آب نشده

برنامه ملی سازگاری با کم‌آبی پس از ۳ سال تلاش در دولت دوازدهم، با صرف حدود ۷۶۰۰۰ نفر ساعت کار کارشناسی و مدیریتی و پس از برگزاری حدود ۶۰۰ جلسه در سطوح مختلفی استانی و ملی، تدوین و مصوب شد. این مجموعه، اولین برنامه ملی مدیریت مصرف آب در تاریخ مدیریت منابع آب ایران است و از این حیث، گام بلندی در تغییر رویکرد از مدیریت تأمین به مدیریت تقاضای آب است.

هدف‌گذاری انجام شده برای صرفه‌جویی برداشت از منابع آب زیرزمینی برای سازگاری با کم‌آبی، ۱۴/۵۱ میلیارد متر مکعب بوده است (۳۰ درصد کل برداشت‌های آب بخش‌های شرب، فضای سبز، صنعت و کشاورزی) که در کارگروه‌های سازگاری با کم‌آبی استان‌ها با صرفه‌جویی و اصلاح مصرف در حد ۹ میلیارد متر مکعب، در فاز اول و تا پایان برنامه هفتم توسعه (۱۳۹۹-۱۴۰۵) توافق شده و در کارگروه ملی سازگاری با کم‌آبی مصوب شده است. هدف‌گذاری انجام شده برای صرفه‌جویی در برداشت از منابع آب سطحی برای سازگاری با کم‌آبی، ۶ میلیارد متر مکعب بوده است (۱۴/۴ درصد کل برداشت‌های

است. رویکرد بسیار زمان‌بر و نسبتاً پرهزینه آماربرداری‌های سراسری منابع و مصارف آب به گونه‌ای است که اطلاعات حاصل از آن مورد اعتماد اکثر کاربران بالفعل و بالقوه این اطلاعات نیست. رویکردهای مدرن تولید اطلاعات مثل استفاده از داده‌های سنجش از دور، هنوز جایگاه مناسبی در فرآیندهای رسمی تولید اطلاعات و انجام مطالعات پایه بخش آب پیدا نکرده است.

بخش کشاورزی، اطلاعاتی یا تخمینی در مورد مصرف آب یا برداشت آب بخش خود در اختیار ندارد و به اطلاعات بخش آب نیز در این مورد، اعتمادی ندارد. نبود یک مبنای روشن و مورد توافق بدنه بخش کشاورزی برای محاسبه صرفه‌جویی در مصرف آب ناشی از اقدامات پیشنهادی این بخش که در برنامه‌های سازگاری با کم‌آبی استان‌ها درج شده است، یکی از مسائلی بود که فرآیند تدوین و تصویب برنامه‌های سازگاری با کم‌آبی را کند نمود. اگر چه سامانه‌های اطلاعاتی بسیار متنوعی در بخش کشاورزی ایجاد شده و بعضاً چندین سال است که در دست بهره‌برداری هستند، باز نبودن دسترسی سایر دستگاه‌های دولتی و به طور خاص وزارت نیرو و شرکت‌های زیرمجموعه به این سامانه‌ها، استفاده موثر از آنها را برای مدیریت فرابخشی آب، عملاً غیرممکن کرده است. این مشکل البته کم و بیش در سایر اجزای دولت نیز برقرار است. رویکرد منفعلانه دولت در به اشتراک‌گذاری اطلاعات پایه هواشناسی که توسط نهادهای مختلف از جمله سازمان هواشناسی کشور، شرکت‌های ذیل وزارت نیرو و نهادهای زیرمجموعه وزارت جهاد کشاورزی تولید می‌شوند، امکان استفاده موثر از بودجه‌های دولتی که در راه تولید این داده‌ها صرف می‌شود را برای ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی آب و هوایی کشور به شکل ایده‌آل آن فراهم نمی‌کند.

داده‌های مربوط به کاربری اراضی به‌خصوص جزئیات سطوح زیر کشت و تولید محصولات مختلف کشاورزی و همچنین داده‌های مربوط به مصرف آب صنایع و شهرک‌های صنعتی اگرچه در دستگاه‌های ذیربط دولتی بعضاً تولید و مورد استفاده قرار می‌گیرند، با وزارت نیرو و شرکت‌های تابعه به اشتراک گذاشته نمی‌شوند. این بخشی‌نگری در تولید و به اشتراک‌گذاری داده‌ها، زیربنای بسیاری از معضلات در ارزیابی وضعیت منابع و مصارف و حسابداری آب در ایران است. در

اینجا ذکر این نکته را لازم می‌دانم که حتی در کشورهایی مثل آمریکا که دارای سامانه‌های پایش متمرکز و بسیار گسترده آب و هواشناسی هستند، به اشتراک‌گذاری اطلاعات مصارف آب توسط دستگاه‌های مختلف، مبنای ارزیابی مصارف آب است و یک نهاد خاص متولی سنجش مصارف آب نیست. با توجه به مواردی که ذکر شد، هنوز چشم‌انداز روشنی برای تدقیق تبخیر و تعرق واقعی در ایران و پایش صرفه‌جویی حاصل از اقدامات مندرج در برنامه‌های سازگاری با کم‌آبی دیده نمی‌شود.

برای موضوعات بین‌بخشی مثل آب، هماهنگی بین دستگاه‌های مختلف دولتی یا وابسته به دولت که در امر تأمین، مدیریت و مصرف آب، ذی‌مدخل هستند، ضروری است. سطح پایین این نوع از هماهنگی‌ها به خاطر بخشی‌نگری‌های نهادینه شده در فرآیند تدوین برنامه‌های توسعه در دهه‌های گذشته و تناقض در هدف‌گذاری برای بخش‌های مختلف دولت در این برنامه‌ها، امری شناخته شده است. آنچه که در فرآیند تدوین برنامه‌های سازگاری با کم‌آبی، شایان توجه به نظر رسید، بخشی‌نگری عمیق در داخل هر یک از دستگاه‌های عضو کارگروه ملی سازگاری با کم‌آبی بود. بطور مثال در وزارت‌خانه‌های جهادکشاورزی و صنعت، معدن و تجارت، طبیعتاً یک معاونت خاص، مسئولیت پیگیری امور مربوط به کارگروه ملی را بر عهده داشت و تقریباً هیچ هماهنگی با سایر معاونت‌ها و نهادهای ذینفع در ذیل وزارت‌خانه‌های مذکور صورت نگرفت. این تجربه، نشانگر این واقعیت است که تا زمانی که فرهنگ کار بین بخشی در کشور نهادینه نشده و به رسمیت شناخته نشود، تجمیع وزارت‌خانه‌ها و یا سازمان‌ها، کمک چندانی به جامع‌نگری در فعالیت‌های برنامه‌ریزی و مدیریت بهره‌برداری از منابع طبیعی و به خصوص آب، نخواهد کرد.

کارگروه ملی سازگاری با کم‌آبی، در ۳ سال گذشته تلاش کرده است، برای متقاعد کردن سیاست‌گذاران بخش‌های مختلف دولت درباره واقعیت کم‌آبی، علل شکل‌گیری و تشدید کم‌آبی، ضرورت‌ها و روش‌های سازگاری با آن، تولید داده، اطلاعات و برنامه کند. مجموعه تلاش‌های انجام شده در ۳ سال گذشته، نقش مهمی در تبدیل سازگاری با کم‌آبی به یک گفتمان فرابخشی در مدیریت منابع و مصارف آب داشته است، ولی هنوز راه طولانی در هماهنگ‌سازی منافع بازیگران در مسیر سازگاری با کم‌آبی باقی مانده است.



## امتداد خشکسالی‌ها در دهه‌های آینده و لزوم توجه به برنامه مدیریت خشکسالی

در دهه‌های اخیر میزان آسیب‌های ناشی از اقلیم در سطح جهانی در حال افزایش است. با توجه به تغییرات اقلیمی و تحولات اقتصادی - اجتماعی، انتظار می‌رود که مخاطرات مربوط به اقلیم افزایش یابد. یکی از این مخاطرات، خشکسالی فوق‌العاده شدید و فراگیر سال آبی جاری (۱۴۰۰-۱۳۹۹) در کشور است که صدمات جبران‌ناپذیری را بر منابع آب، کشاورزی، مراتع و سایر بخش‌ها ایجاد نموده است. سال آبی جاری، سالی خشک و بسیار کم‌بارش است که سراسر کشور و حتی مناطق پرباران سواحل جنوبی دریای خزر و منطقه زاگرس، خشکسالی‌های شدیدی را تجربه کردند. برای نمونه بررسی میانگین بارش استان خراسان رضوی در هشت ماهه نخست سال آبی جاری (مهر تا پایان اردیبهشت ۱۴۰۰) نشان داد که بارش تجمعی در این استان تنها ۱۲۰/۷۹ میلی‌متر بوده است. در صورتیکه بارش نرمال ۳۰ ساله در مدت مشابه معادل ۲۰۷/۴۷ میلی‌متر بوده است که نشان‌دهنده کاهش برابر با ۴۱/۷۷ درصد در سطح استان خراسان رضوی می‌باشد. در سطح ایستگاه‌های مورد بررسی، وضعیت استان در شرایط بحرانی نسبت به مدت مشابه قرار دارد. بطوریکه در شش ایستگاه از نه ایستگاهی که ۳۰ سال داده در اختیار دارند، بارش بیش از پنجاه درصد کاهش داشته است. این در حالی است که بخش کشاورزی استان به عنوان یکی از بزرگترین و مهم‌ترین تولیدکنندگان کشاورزی در کشور است که ظرفیت‌ها و توانمندی‌های وسیعی دارد. این استان بیش از ۸۰۰ هزار هکتار سطح زیر کشت انواع محصولات زراعی و باغی و بیش از ۱۰ میلیون واحد دامی را دارا است. لذا روشن است که این استان نقش مهمی در تأمین نیازهای حیاتی جامعه، امنیت غذایی و تأمین مواد اولیه مورد نیاز صنایع و ایجاد فرصت‌های شغلی دارد.

خشکسالی اخیر که در پی دو سال پربارش رخ داده است، از یکسو سبب غافل‌گیری کشاورزان و دامداران شده و از سوی دیگر مشکلات عدیده‌ای را برای تأمین آب شرب، آب مورد نیاز برای صنایع و نیروگاه‌های برق‌آبی ایجاد کرده است. از این‌رو در هفته‌های اخیر، خشکسالی اتفاق افتاده

در کانون توجه بسیاری از مدیران و برنامه‌ریزان، پژوهشگران دانشگاهی، رسانه‌ها و شهروندان قرار گرفته است. یکی از مهم‌ترین پرسش‌های پیش‌رو آن است که آیا خشکسالی امسال یک شرایط استثنایی است یا اینکه آغاز یک دوره طولانی از دوره‌های خشک متوالی است؟ برخی از متخصصین، خشکسالی را همچون سایر رخداد‌های فرین اقلیمی نتیجه تغییر اقلیم به وقوع پیوسته در روی کره زمین می‌دانند. بر این اساس خشکسالی ممکن است کاملاً به عنوان یک مخاطره طبیعی تلقی نشود، چرا که انسان با دستکاری در طبیعت شدت، مدت و فراوانی این پدیده اقلیمی را تغییر داده است. افزایش گازهای گلخانه‌ای به طور قابل توجهی شرایط گرمایش و خشکی مناطق مختلف اقلیمی را تغییر داده که منجر به افزایش کلان خشکسالی‌ها (Megadroughts) در سراسر جهان شده است. بنابراین پیش‌آگاهی رخداد‌های فرین اقلیمی از جمله پیش‌آگاهی خشکسالی بیش از پیش حائز اهمیت است. برای نمونه پیش‌آگاهی خشکسالی در استان خراسان رضوی نشان می‌دهد که تحت شرایط تغییر اقلیم آینده با در نظر گرفتن سناریوهای بدبینانه، خشکسالی در این استان تا اواسط دهه ۱۴۱۰ هجری خورشیدی کم و بیش ادامه خواهد یافت.

پارادایمی وجود دارد که اثر تغییر اقلیم را در مناطق خشک/مرطوب به چالش می‌کشد که «مناطق خشک، خشک‌تر و مناطق مرطوب، مرطوب‌تر می‌شوند». این امر مستقیماً به پدیده خشکسالی پیوند می‌خورد. بنابراین، تأثیر پیش‌آگاهی تغییر اقلیم بر شرایط خشکسالی آینده ایران برای جامعه و سیاست‌گذاران جهت سازگاری و کاهش و تعدیل اثرات پیامدهای خشکسالی در آینده اهمیت زیادی دارد.

اگرچه خشکسالی‌ها می‌توانند تحت تأثیر مدیریت آب و شیوه‌های نادرست استفاده از زمین ایجاد شوند، اما عوامل مرتبط با اقلیم مانند بارش و تبخیر شرایط اساسی را ایجاد و دوره‌های خشکسالی و ترسالی را تشدید می‌کنند. تغییر اقلیم و تأثیرات آن بر مقدار بارش و تبخیر در افزایش شدت خشکسالی نقش عمده‌ای دارد. سه عامل اصلی تأثیر تغییر اقلیم برای بروز خشکسالی وجود دارد؛ این عوامل عبارتند از: افزایش دما که باعث افزایش تبخیر و در نتیجه خشک‌شدن خاک و پوشش گیاهی می‌شود، تغییر در الگوهای گردش جوی منطقه‌ای و کاهش حجم برف و ذوب سریع برف ناشی از افزایش دما و تغییر الگوی بارش که باعث کاهش تأمین آب در بسیاری از مناطق می‌شود. دمای بالا می‌تواند تبخیر از سطح خاک را افزایش دهد و باعث شود که حتی در دوره‌هایی با میزان بارش زیاد نیز خاک به سرعت خشک شود. خشکسالی می‌تواند از طریق «بازخورد مثبت» ادامه یابد. بازخورد مثبت در شرایط تغییر اقلیم و افزایش خشکسالی به این شکل اتفاق



می‌افتد که خاک‌های بسیار خشک و پوشش گیاهی کاهش یافته، می‌تواند بارش را در یک منطقه اقلیمی خشک (یا خشک شده) بیشتر سرکوب کند. دمای بالاتر می‌تواند بارش برف و ذخیره‌های بزرگ برف ایران را تحت تأثیر قرار داده و به طور بالقوه باعث کاهش منابع آب شود.

اگرچه رخدادهای اخیر مربوط به خشکسالی اضطرار پیش‌آگاهی‌ها را ملزم کرده است، اما خشکسالی در تحقیقات مخاطرات طبیعی همانند طوفان و سیل که تأثیر مستقیم بر جان و مال انسان‌ها دارند، چندان مورد توجه قرار نگرفته است. اکثر کشورها در حال حاضر خطر خشکسالی را از طریق رویکردهای واکنش‌پذیر و مدیریت بحران بررسی می‌کنند. در یک رویکرد فعال، سامانه‌های هشدار زودهنگام مهم هستند، چرا که در سامانه‌های یکپارچه ارزیابی، ارتباطات و پشتیبانی، سامانه‌های خشکسالی نقش اساسی دارند. بررسی اجمالی سامانه‌های هشدار زودرس خشکسالی بین‌المللی نشان می‌دهد که هشدار زودرس موثر منجر به همکاری چند بخشی و میان رشته‌ای بین همه بازیگران مربوطه در هر مرحله از فرآیند هشدار- از نظارت تا پاسخگویی می‌گردد.

لذا ارائه تمهیدات لازم برای مقابله با آثار زیانبار خشکسالی باید در تمامی عرصه‌های مدیریتی مورد توجه قرار گیرد. در همین راستا برنامه مدیریت خشکسالی (DMP) Drought Management Plan به عنوان ابزاری برای اجرای سیاست خشکسالی براساس رویکرد کاهش خطر باید مورد توجه ویژه قرار گیرد. توسعه DMP یک گام اساسی در روند مدیریت خشکسالی و ارائه راهکارها و دستور العمل‌ها است. این برنامه شامل تهیه برنامه‌ای جامع جهت آمادگی برای خشکسالی می‌باشد و شامل سه مولفه اصلی است: نظارت، هشدار سریع و تبادل اطلاعات و ارائه پیش‌بینی‌های عملیاتی دقیق. در این رابطه توصیه می‌شود گروه ویژه‌ای برای توجه به دو مورد اول از این نیازها برای ارزیابی ریسک تشکیل شود. گروه ویژه خشکسالی می‌تواند در اکثر موارد هم‌زمان بر روی تعدیل اثرات خشکسالی و پاسخ سریع به بحران‌های خشکسالی غیر منتظره متمرکز شود. برنامه مدیریت خشکسالی (DMP) از دو بخش بنیادی تشکیل می‌شود:

۱- ارزیابی مداوم از خشکسالی.

۲- ارزیابی پس از خشکسالی.

ارزیابی مداوم یا عملیاتی بر این اساس استوار است که چگونه

تغییرات اجتماعی همانند فناوری‌های جدید، تحقیقات جدید، قوانین و تغییر دولت‌ها بر خطر خشکسالی و جنبه‌های عملیاتی برنامه خشکسالی اثر می‌گذارند. انجام پیش‌بینی یا پیش‌آگاهی قبل و حتی پس از اجرای برنامه خشکسالی به‌صورت دوره‌ای توصیه می‌شود. لذا باید توجه داشت که برنامه خشکسالی یک روند است، نه یک رویداد گسسته و بر این اساس ضرورت دارد که به‌صورت مداوم مورد رصد و بازبینی قرار گیرد. ارزیابی پس از خشکسالی، اقدامات ارزیابی و پاسخگویی دولت، سازمان‌های غیردولتی و سایر ذینفعان را مستندسازی و تجزیه و تحلیل می‌کند و سازوکاری را برای اجرای توصیه‌ها و بهبود سامانه مدیریت خشکسالی فراهم می‌کند. بدون ارزیابی‌های پس از خشکسالی، یادگیری از موفقیت‌ها و اشتباهات گذشته دشوار است. ارزیابی‌های پس از خشکسالی باید شامل تجزیه و تحلیل جنبه‌های اقلیمی و زیست‌محیطی ناشی از خشکسالی باشد. پیامدهای اقتصادی و اجتماعی آن و برنامه‌ریزی برای کاهش اثرات آن، در تسهیل امداد رسانی یا کمک به مناطق آسیب‌دیده و در دوره پس از خاتمه خشکسالی مفید خواهد بود. همچنین توجهات باید به موقعیت‌هایی معطوف شود که سازوکارهای مقابله با خشکسالی با آن در ارتباط است.

هدف نهایی از فرآیند ارزیابی ریسک خشکسالی، شناسایی بخش‌ها، گروه‌های جمعیتی یا مناطقی است که بیشتر در معرض خشکسالی قرار دارند و همچنین انجام اقدامات مناسب برای کاهش تأثیرات احتمالی آن می‌باشد. نتیجه نهایی فرآیند ارزیابی ریسک خشکسالی، شناسایی مشخصه‌های آسیب‌پذیری است که مشخص می‌کند چه کسانی، چگونه و چرا در معرض خطر هستند. مراحل این فرآیند شامل موارد زیر است:

۱. اثرات خشکسالی‌های اخیر و تاریخی شناسایی شود.

۲. روندهای خشکسالی‌های اخیر و تاریخی شناسایی شود.

۳. پیامدهای خشکسالی در اولویت قرار گیرند.

۴. اقدامات لازم جهت تعدیل خشکسالی شناسایی شده و بر اساس آن تأثیرات کوتاه‌مدت و بلندمدت خشکسالی کاهش یابد.

۵. در مرحله شروع و خاتمه خشکسالی، عوامل محرک برای انجام مرحله به مرحله و تدریجی شناسایی شوند.

۶. سازمان‌های ذی‌ربط برای توسعه و اجرای اقدامات اولویت‌بندی و بسیج شوند.

تجربه خشکسالی اخیر خراسان رضوی و در مقیاس گسترده‌تر ایران، می‌تواند زمینه لازم را برای ارائه الگوی جدیدی از مدیریت خشکسالی فراهم نماید.

Article Type: Regular article

نوع مقاله: پژوهشی

## Analysis of Governance Theories and Water Resources Management in Iran

M. Oskouhi<sup>1</sup>, K. Esmaili<sup>2\*</sup>

1,2- Ph.D. Candidate and Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

\*(Corresponding Author Email: esmaili@um.ac.ir)

Received: 13-08-2020

Accepted: 23-12-2020

## تحلیلی بر نظریه‌های حکمرانی و مدیریت منابع آب در ایران

مأده اسکوهی<sup>۱</sup>، کاظم اسماعیلی<sup>۲\*</sup>

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری سازه‌های آبی و دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

\*(نویسنده مسئول، E.mail: esmaili@um.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۳

### Abstract

Water governance is a range of social, political, economic and administrative systems that manage and develop water resources and water transfer systems at different levels of society. Therefore, water governance is more about decision-making methods, such as how, by whom and under what conditions these decisions are made. One of the reasons for the failure of the development path is the lack of a national and indigenous paradigm for governing in accordance with social values and compatible with the cultural and historical conditions of Iran. This study investigates water governance in Iran by using a qualitative meta-analysis and provides a systematic formulation of them. Also using MAXQDA 11 qualitative data analysis software, water governance qualitative analysis was performed in Iran. The articles are divided into three categories: what, why, and how, depending on what the topic or question is about water governance. Each researcher has used a different approach to designing their research based on individual point of view, so the totality of the research did not follow a single analytical procedure. Among the researches, the increase and dominance of the researches that have dealt with the questions of what and why water governance, it can be seen that such researches are more in the field of theorizing and do not lead to theorizing and presenting theories. However, a new model for water governance has been presented in a lesser way in researches. Therefore, it is necessary for the people of each country to formulate the method of development and progress of their country according to their conditions.

**Keywords:** Qualitative Data Analysis, Water Governance, Governance Theories.

### چکیده

حکمرانی آب به طیفی از سیستم‌های اجتماعی، سیاسی، اقتصادی و اداری گفته می‌شود که منابع آب و سیستم‌های انتقال آب را در سطوح مختلف جامعه مدیریت و توسعه می‌دهد. از این‌رو حکمرانی آب بیشتر در مورد روش‌های تصمیم‌گیری است مانند اینکه چگونه، توسط چه کسی و تحت چه شرایطی این تصمیمات گرفته می‌شود. یکی از دلایل ناکامی در مسیر توسعه، نداشتن الگوی ملی و بومی برای حکمرانی متناسب با ارزش‌های اجتماعی و سازگار با شرایط فرهنگی و تاریخی ایران می‌باشد. در این پژوهش به فراتحلیل نظریه‌های حوزه حکمرانی و مدیریت منابع آب در ایران پرداخته شده و صورت‌بندی منظمی از آن‌ها ارائه شده است. همچنین با استفاده از نرم‌افزار تحلیل داده‌های کیفی MAXQDA 11 به تحلیل کیفی حکمرانی آب در ایران پرداخته شد. مقاله‌ها براساس اینکه به چه موضوع یا سوالی درباره حکمرانی آب پرداخته‌اند در سه دسته چپستی، چرایی و چگونگی قرار گرفته‌اند. در میان پژوهش‌ها، فزونی و غلبه پژوهش‌هایی که به سوال‌های چپستی و چرایی حکمرانی آب پرداخته‌اند، به چشم می‌خورد این نوع پژوهش‌ها بیشتر در حوزه نظریه آزمایشی قرار می‌گیرند و به نظریه‌سازی و ارائه نظریه منجر نمی‌شوند. درحالی‌که ارائه الگوی جدیدی برای حکمرانی آب کشور به صورت کم‌رنگ‌تری در پژوهش‌ها ارائه شده است. بنابراین ضرورت دارد مردم هر کشوری باتوجه به شرایط خودشان به تدوین روش توسعه و پیشرفت کشور اقدام نمایند و به‌طور مسلم تا زمانی که الگوی مناسبی با شرایط ایران ایجاد نشود، این مفاهیم گره‌ای از کار باز نمی‌کند.

**واژه‌های کلیدی:** تحلیل داده‌های کیفی، حکمرانی آب، نظریه‌های حکمرانی.

از آن زمان ممکن است با آنچه ویتفولگ آن را "جامعه سازه‌های آبی" می‌خواند مشابه شده باشد. البته تحلیل ویتفولگ با وضعیت فعلی ایران تفاوت‌های آشکاری دارد. جامعه سازه‌های آبی از نظر این متفکر، جامعه‌ای ساکن و به دور از تنش‌های اجتماعی است، در حالی که واقعیت کنونی جامعه ایران بیانگر آسیب‌پذیر بودن شدید جامعه از منظر بحران‌های محیط‌زیستی می‌باشد. طبق آمار و اطلاعات در دسترس و شاخص‌های بین‌المللی چون فالکن مارک، ایران تا بروز بحران کامل بی‌آبی تنها یک دهه فاصله دارد و هم‌اکنون با توجه به جمعیت بیش از ۸۰ میلیونی و حدود ۱۶ میلیارد مترمکعب آب تجدیدپذیر، سرانه آبی ایران در محدوده کشورهای دارای تنش آبی قرار می‌گیرد (Delavari Edalat و Abdi, ۲۰۱۸). بنابراین برخلاف تصور مارکس و ویتفولگ، به‌علت کمبود آب و حضور دولت متمرکز، جامعه ایران سکون و ثبات اجتماعی را تجربه نمی‌کند، بلکه به گفته صاحب‌نظران و اظهارنظرهای مسئولان کشور، تنش‌های آبی تمدن و بقای ایرانی را در معرض تهدید قرار داده است و انتظار می‌رود که دیر یا زود بحران‌های عظیم اقتصادی، اجتماعی و امنیتی پدیدار شود (کلانتری، ۱۳۹۵؛ چیت‌چیان، ۱۳۹۵).

بودن سیستم حکمرانی می‌داند، بنابراین مدیریت به فعالیت‌های مختلفی مانند پایش، توسعه و عملیات روزمره با هدف نگه‌داشتن وضعیت منابع آب در شرایطی مطلوب اشاره دارد. اما حکمرانی به ساختار و بستری اشاره می‌نماید که فعالیت‌های مدیریتی در آن تنظیم می‌شوند. Rogers و Hall (۲۰۰۳) برای تبیین جایگاه حکمرانی در مدیریت یکپارچه منابع آب، بر این مطلب تأکید می‌نمایند که فرآیند سیاسی مدیریت یکپارچه منابع آب در فضای تهی انجام نمی‌گیرد، بلکه نیازمند بستری توانمند می‌باشد که همان حکمرانی اثربخش آب است. بنابراین حکمرانی آب خود یک هدف نیست، بلکه وسیله‌ای برای رسیدن به یک یا مجموعه‌ای از اهداف می‌باشد و ارزیابی آن می‌تواند به ریشه‌یابی شکست یا موفقیت یک هدف به‌خصوص مدیریتی که در قالب یک یا مجموعه‌ای از سیاست‌ها شکل گرفته است، کمک نماید. ارزیابی حکمرانی بیانگر تمام علل شکست یا موفقیت یک سیاست نیست، بلکه به بخش تنظیم‌گری فعالیت‌ها می‌پردازد که امروزه در دنیا به‌عنوان بزرگ‌ترین چالش آب شناخته شده است (OECD, ۲۰۱۱). قوانین و مقررات موجود آب کشور (که براساس آن از منابع آب بهره‌برداری به‌عمل می‌آید) در کلیت خود جامع هستند؛ اما منشأ مواردی از مشکلات مربوط به قوانین نامناسب یا ناکافی می‌باشد. در بسیاری از موارد به‌دلیل تلقی نامناسب یا تحت فشارهای سیاسی و اجتماعی اقدامات اجرایی متناقض با این قوانین بوده است (داوری، ۱۳۹۳).

کشور ایران در منطقه‌ای گرم و خشک قرار گرفته است و با توجه به موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی، همواره با مساله کم‌آبی مواجه بوده است. در رابطه با مساله حکمرانی حوزه آب، بعضی از پژوهشگران، مانند Wittfogel (۱۹۵۷) با توجه به تفاوت آب و هوایی مناطق آسیایی و اروپایی، دولت‌های شرقی شبیه به ایران را "امپراطوری آب" نامیده‌اند. طبق نظر این پژوهشگر، امپراطوری‌های آبی، رژیم‌های شبه استبدادی می‌باشند که مشروعیت حاکمیت خود را از طریق ایجاد تشکیلات کلان سامانه‌های آبیاری برای شهروندان بنا نهاده‌اند. تفکر گسترده کارل مارکس و ویتفولگ درباره جوامع شرقی، با واقعیت پیچیده جامعه سنتی ایران منطبق نمی‌باشد. در بسیاری از دوره‌های تاریخی، تشکیلات مدنی جوامع شهری و روستایی نظام تسهیم و تشریک آب بین افراد را در دست داشته‌اند اما به تدریج با برآمدن تجددگرایی و نوسازی صنعتی در ایران و به‌طور خاص بعد از انقلاب سفید، پدیده "دولت بزرگ آبرسان" که نیازهای آبی شهری، صنعتی و کشاورزی را تأمین می‌کند، پدیدار شد و

#### مروری بر پژوهش‌های صورت گرفته در مطالعات حکمرانی آب

سابقه مطالعات مرتبط با حوزه آب و حکمرانی آن در ایران بسیار طولانی می‌باشد. خط فکری کارل ویتفولگ در دوره معاصر از سوی متفکران داخلی و خارجی ادامه یافته است. در مقابل، دیدگاه دیگری وجود دارد که حکمرانی فعلی آب در ایران را حاصل رویارویی نظام حکمرانی با موج تجددخواهی و نوسازی آمرانه از بالا به پایین می‌داند (Balali, ۲۰۰۹؛ Yazdanpanah و همکاران، ۲۰۱۳).

تعاریف گوناگونی از حکمرانی آب ارائه شده است. اشتراک همه تعاریف عبارت است از: "سیستم‌های متعدد سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و اجرایی برای توسعه، مدیریت منابع آب و ارائه خدمات آب در سطوح مختلف اجتماعی" (Rogers و Hall, ۲۰۰۳). به عبارت دیگر سیستم‌های حکمرانی آب مشخص می‌نمایند که چه کسی، در چه زمانی و چگونه، به چه آبی دسترسی داشته باشد و از منافع و خدمات مرتبط با آن بهره‌مند شود (Allan, ۲۰۰۱).

قبل از تعریف پایه نظری این پژوهش، ضروری است تا تفاوت دو مفهوم حکمرانی و مدیریت از یکدیگر تبیین شود. به‌طور کلی می‌توان مدیریت را به فعالیت‌های اجرایی و حکمرانی را به بستر ساختاری موجود برای اجرای آن فعالیت‌ها نسبت داد. Pahl-Wostl (۲۰۱۵) تفاوت این دو را در خاصیت تنظیم‌گر



جدول ۱- تعاریف مختلف حکمرانی (سلیمی و مکنون، ۱۳۹۷)

| نهاد/فرد                          | تعریف                                                                                                                                                                                                                                                                                              | مرجع                 |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| سازمان ملل متحد                   | حکمرانی مجموعه‌ای از اقدام‌های فردی و نهادی، عمومی و خصوصی برای برنامه‌ریزی و اداره مشترک امور و فرآیند مستمری از ایجاد تفاهم میان منافع متفاوت و متضاد است که در قالب اقدام‌های مشارکتی و سازگار حرکت می‌کند و شامل نهادهای رسمی، ترتیب‌های غیررسمی و سرمایه اجتماعی شهروندان می‌شود.             | نادری (۱۳۹۰)         |
| کمیسیون حکمرانی جهانی             | حکمرانی مجموعه روش‌های فردی و نهادی، عمومی و خصوصی است که امور مشترک مردم را اداره می‌کند. حکمرانی فرآیند پیوسته‌ای است که از طریق آن منافع متضاد یا متنوع همساز شده و اقدام همکاری جویانه اتخاذ می‌شود.                                                                                           | نادری (۱۳۹۰)         |
| بانک جهانی                        | حکمرانی عبارت است از: شیوه اعمال قدرت در مدیریت منابع اقتصادی و اجتماعی یک کشور.                                                                                                                                                                                                                   | مخبر و مهرآرا (۱۳۸۲) |
| سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه | سیستم پیچیده‌ای از تعاملات بین ساختارها، سنت‌ها، کارکردها (مسئولیت‌ها) و فرایندها (عملکردها) که به وسیله سه ارزش کلیدی، یعنی پاسخگویی، شفافیت و مشارکت مشخص می‌شود.                                                                                                                                | دباغ و نفری (۱۳۸۸)   |
| برنامه عمران سازمان ملل           | اعمال اقتدار اقتصادی، سیاسی و اجرایی به منظور اداره امور جامعه در همه سطوح. حکمرانی سازوکارها، فرایندها و نهادهایی را شامل می‌شود که از طریق آن، شهروندان و گروه‌ها منافع خود را منسجم و مشخص می‌کنند، حقوق قانونی خود را اعمال می‌نمایند، با وظایف آن آشنا می‌شوند و اختلاف‌هایشان را حل می‌کنند. | نیکو نسبتي (۱۳۹۰)    |
| صندوق بین‌المللی پول              | باتوجه به اهداف صندوق بین‌المللی پول، حکمرانی به جنبه‌های اقتصادی در دو حوزه بهبود اداره منابع عمومی، حمایت از توسعه و حفاظت از شفافیت و اقتصاد پایدار و محیط قانونمند محدود است که انجام فعالیت‌های بخش خصوصی کارآمد را نیز تسهیل می‌کند.                                                         | نیکو نسبتي (۱۳۹۰)    |

## ارزیابی حکمرانی آب

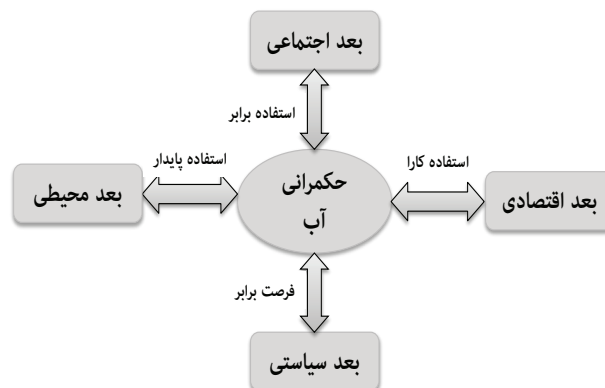
برنامه توسعه سازمان ملل UNDP (۲۰۱۲) ارزیابی حکمرانی آب را در چارچوبی بر اساس شکل (۱) توصیه نموده است. ارزیابی حکمرانی آب در ایران بر پایه چارچوب برنامه توسعه سازمان ملل را می‌توان از هر سه منظر مندرج در شکل‌های (۱ و ۲) مورد بررسی قرار داد.



شکل ۲- چارچوب ارزیابی حکمرانی آب (UNDP، ۲۰۱۲)

## چارچوب ارزیابی حکمرانی

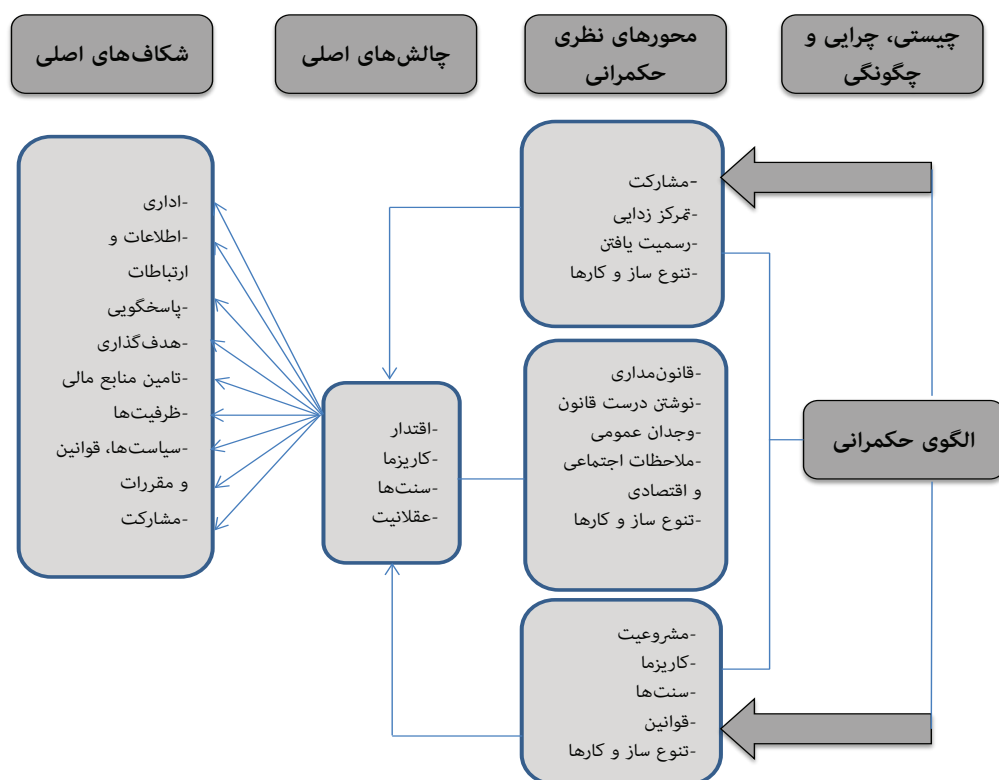
در اجرای تصمیمات بزرگی که نظام حکمرانی کشور برای مقابله با بحران آب تاکنون گرفته است یا باید بگیرد، فقط ساز و کارهای اداری و دیوان‌سالاری کارساز نیست. هرچند که مفهوم حکمرانی آب نوپدید محسوب می‌شود و در اسناد موجود حوزه آب کشور چندان این اصطلاح رایج نیست، اما مطالعاتی در زمینه شرایط نهاد آب کشور، وضعیت مشارکت، قانون‌محوری و مشروعیت وجود دارد که در انجام ارزیابی و



شکل ۱- وجوه حکمرانی آب (UNDP، ۲۰۱۲)

تهیه این پژوهش استناد شده است. طبق تحقیقات صورت گرفته هشت شکاف اصلی برای حکمرانی آب کشور در نظر

گرفته شده است که این شکاف‌ها عامل اصلی ضعف اقتدار در نظام حکمرانی آب کشور تشخیص داده می‌شوند.



شکل ۳- چارچوب ارزیابی حکمرانی (اندیشکده تدبیر آب ایران، ۱۳۹۴)

## اهداف و ضرورت تحقیق

هدف اصلی این پژوهش تحلیل نظریه‌های حکمرانی و مدیریت منابع آب در ایران می‌باشد تا با استفاده از نتایج این پژوهش و اولویت‌بندی مؤلفه‌ها براساس نتیجه‌گیری انجام شده، ساز و کار اجرای آن در حوزه حکمرانی و مدیریت آب کشور فراهم شود.

## اصول حکمرانی

اصول حکمرانی را می‌توان به سه موضوع شفافیت، قابلیت اندازه‌گیری و مشارکت تقسیم نمود. دو دیدگاه کلان در خصوص مدیریت منابع آب وجود دارد: یکی نگاه "بالا به پایین" و دیگری "پایین به بالا". با توجه به قانون توزیع عادلانه آب اگر حکومت را به‌عنوان نهاد بالادستی در زمینه آب بشناسیم در این‌صورت موضوعیت گروداران و تصمیم‌های آن‌ها یا نهادهای غیررسمی در آب کم‌رنگ شده و بالطبع با یک نهاد بالا به پایین روبه‌رو خواهیم بود. بررسی‌های گسترده اخیر در سطح جهانی نشان داده است

کاستی‌های حکمرانی آب می‌تواند تأمین نیازهای پایه انسانی و محیط‌زیستی را مختل، رشد اقتصادی را کاهش، عملکرد و اثربخشی را کم، سرمایه‌گذاری در بخش آب را با دلسردی و مشارکت گروداران در فرآیند تصمیم‌گیری را با سرخوردگی مواجه نماید.

## روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش از روش تحلیل کیفی برای مطالعه و بررسی استفاده شده است. به این منظور از تحقیقات موجود در این زمینه از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۷ برای مقالات فارسی و از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۹ برای مقاله‌های انگلیسی استفاده شد. انتخاب چارچوب مقاله و گزارش علمی از بین پژوهش‌های صورت گرفته، به دلایل روش‌شناختی بوده است و متناظر با واقعیت عینی می‌باشد.

خلعتیری (۱۳۸۷) فراتحلیل را اینگونه تعریف کرده است: "روشی که براساس آن سعی می‌شود تفاوت‌های موجود در تحقیقات انجام شده قبلی را استنتاج نمود و در رسیدن به

یک سری نتایج کلی و کاربردی از آن بهره برد". فراتحلیل با مرور نظام‌مند منابع، برای پیدا کردن، ارزشیابی، ترکیب و در صورت نیاز، جمع‌بندی آماری، به تحقیقاتی می‌پردازد که قبلاً درباره موضوع خاصی به رشته تحریر درآمده‌اند. مهم‌ترین مزیت اینگونه پژوهش‌ها این است که با ادغام نتیجه مطالعات مختلف، قدرت مطالعه را برای یافتن نتایج معنادار افزایش می‌دهد (رضاییان، ۱۳۸۴). روش فراتحلیل، متفاوت و فراتر از مرور ادبیات پژوهش‌ها است. مرور ادبیات، بیشتر توصیفی و نقلی است، اما فراتحلیل جنبه استنباطی و جامع دارد و به مدد بهره‌مندی از روش‌های آماری، از مرور صرف ادبیات و پیشینه‌ها فراتر می‌رود (آزادی احمدآبادی، ۱۳۹۲). در ادامه به معرفی ارکان اصلی این پژوهش پرداخته شده است.

در این مطالعه از نرم‌افزار تحلیل داده‌های کیفی MAXQDA11 به منظور تحلیل پژوهش‌ها استفاده شد. این نرم‌افزار یکی از برترین نرم‌افزارهای مورد استفاده جهت تجزیه و بررسی داده‌های کیفی و نظریه‌پردازی است. از جمله ویژگی‌های برجسته این نرم‌افزار عبارت است از: پیشرو بودن در پشتیبانی و سازگاری با گستره وسیع زبان‌های زنده دنیا و سازگاری کامل با زبان فارسی می‌باشد.

### یافته‌های پژوهش

یافته‌های این پژوهش در سه بخش یافته‌های توصیفی فراتحلیل، ارزیابی کیفی مقاله‌ها و تحلیل یافته‌ها بیان می‌شود. در بخش یافته‌های توصیفی، گزارش آماری از پژوهش‌های بررسی‌شده ارائه شده است. در ادامه، پژوهش‌ها از جنبه محتوا و کیفیت تحلیل شده و در نهایت به جمع‌بندی یافته‌های توصیفی و تحلیلی پرداخته خواهد شد.

### • یافته‌های توصیفی فراتحلیل

در این بخش، شش شاخص درباره پژوهش‌های صورت گرفته بررسی شده است که عبارت‌اند از: قالب مقاله‌ها، بازه زمانی، سنخ‌شناسی پژوهشگران، جنسیت پژوهشگران، توزیع جغرافیایی و روش پژوهش.

### • قالب پژوهش‌های صورت گرفته

منظور از قالب پژوهش‌ها، نحوه انتشار آن‌ها در قالب‌های گزارش کارشناسی، علمی پژوهشی، علمی ترویجی، پایان‌نامه و... است. در این پژوهش دوازده قالب مختلف شناسایی شد که در جدول (۲) توزیع فراوانی هر یک از قالب‌ها ارائه شده است.

### • نوع و سطح فراتحلیل

این پژوهش به صورت کیفی و تحلیلی از روش فراتحلیل استفاده می‌کند. در فراتحلیل کیفی، بیش‌تر از آماره‌های توصیفی استفاده می‌شود. مشخص نمودن فراوانی، درصد فراوانی، فراوانی تجمعی و درصد فراوانی تجمعی، ترسیم نمودار میله‌ای و دایره‌ای برای نمایش نتایج، مشخص نمودن مد و ... از ارکان مهم این مطالعه محسوب می‌شوند.

### • جامعه آماری

در این پژوهش، ۸۳ مقاله، گزارش، پایان‌نامه و ... در زمینه حکمرانی آب از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۷ برای مقالات فارسی و از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۹ برای مقالات انگلیسی بررسی شده است. این مقاله‌ها از هفت پایگاه داده علمی کشور (پایگاه مجلات تخصصی نور<sup>۱</sup>، مرکز اطلاعات جهاد دانشگاهی کشور<sup>۲</sup>، بانک اطلاعات نشریات کشور<sup>۳</sup>، پرتال جامع علوم انسانی<sup>۴</sup>، پایگاه مرجع دانش<sup>۵</sup>) و موتور جستجوگر گوگل<sup>۶</sup> و همچنین گوگل اسکولار<sup>۷</sup> به دست آمده است. لازم به ذکر است در این پژوهش از مقالات خارجی با محور حکمرانی و مدیریت منابع آب ایران استفاده شد که از پایگاه ساینس دایرکت<sup>۸</sup>، اشپرینگر<sup>۹</sup> و ... به دست آمد.

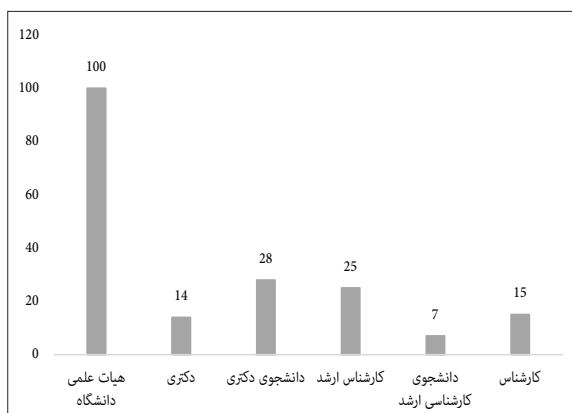
جدول ۲- توزیع فراوانی قالب منتشر شده پژوهش‌های حوزه حکمرانی آب در ایران

| قالب                     | تعداد | درصد فراوانی |
|--------------------------|-------|--------------|
| فصلنامه علمی پژوهشی      | ۳۳    | ۳۹/۷۶        |
| فصلنامه آموزشی پژوهشی    | ۲     | ۲/۴۱         |
| فصلنامه علمی ترویجی      | ۲     | ۲/۴۱         |
| نشریه علمی               | ۱     | ۱/۲          |
| ژورنال ISI               | ۸     | ۹/۶۴         |
| دوفصلنامه                | ۱     | ۱/۲          |
| رساله دکتری              | ۱     | ۱/۲          |
| پایان‌نامه کارشناسی ارشد | ۳     | ۳/۶۱         |
| مقالات سمپوزیوم          | ۲     | ۲/۴۱         |
| همایش سیویلیکا           | ۲۱    | ۲۵/۳۰        |
| ضمیمه اقتصادی            | ۸     | ۹/۶۴         |
| Master journal list      | ۱     | ۱/۲          |
| تعداد کل                 | ۸۳    | ۱۰۰          |

است. سهم بالای اعضای هیئت علمی دانشگاه‌ها در انجام این پژوهش‌ها می‌تواند نشانگر سطح کیفی بالای پژوهش‌های حوزه حکمرانی آب در ایران باشد.

جدول ۳- فراوانی پژوهشگران حوزه حکمرانی آب در ایران

| نوع پژوهشگر           | فراوانی | درصد فراوانی |
|-----------------------|---------|--------------|
| هیئت علمی دانشگاه     | ۱۰۰     | ۵۲/۹۱        |
| دکتری                 | ۱۴      | ۷/۴۱         |
| دانشجوی دکتری         | ۲۸      | ۱۴/۸۱        |
| کارشناس ارشد          | ۲۵      | ۱۳/۲۳        |
| دانشجوی کارشناسی ارشد | ۷       | ۳/۷۰         |
| کارشناس               | ۱۵      | ۷/۹۴         |
| تعداد کل پژوهشگران    | ۱۸۹     | ۱۰۰          |



شکل ۶- فراوانی نوع پژوهشگر

#### • جنسیت پژوهشگران

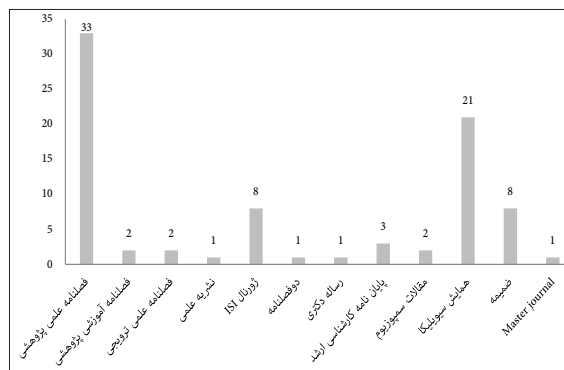
از بین ۱۸۹ پژوهشگری که در زمینه حکمرانی آب پژوهش انجام داده‌اند، ۷۶/۷۲ درصد مرد و ۲۳/۲۸ درصد زن بوده‌اند (جدول ۴).

جدول ۴- جنسیت پژوهشگران حوزه حکمرانی آب در ایران

| جنسیت پژوهشگر | فراوانی | درصد  |
|---------------|---------|-------|
| مرد           | ۱۴۵     | ۷۶/۷۲ |
| زن            | ۴۴      | ۲۳/۲۸ |

#### • توزیع جغرافیایی

براساس جدول (۵)، ۵۶/۰۸ درصد تحقیقات در مراکز پژوهشی و تحقیقاتی تهران، ۳۴/۹۲ درصد در سایر شهرستان‌های کشور و حدود ۶ درصد به‌صورت مشترک توسط پژوهشگران تهران و سایر شهرستان‌ها، ۸/۹۹ درصد از پژوهش‌ها توسط محققان خارج از کشور انجام گرفته است.

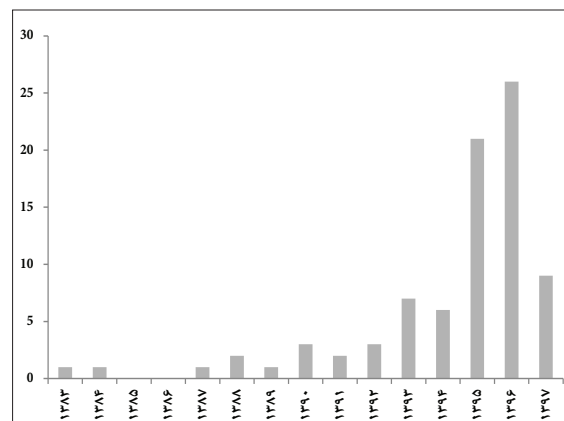


شکل ۴- فراوانی قالب پژوهش‌های ارائه شده

همان‌طور که مشاهده می‌شود، مقاله‌های علمی پژوهشی با فراوانی ۳۹/۷۶ درصد، بیشترین درصد را به خود اختصاص داده‌اند که این مساله نشان‌دهنده کیفیت به نسبت بالای مطالب ارائه شده در خصوص حکمرانی آب است.

#### • بازه زمانی

منظور از بازه زمانی، تاریخ انتشار پژوهش‌ها بوده است. پژوهش‌ها در فاصله زمانی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۷ برای مقالات فارسی و سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۹ برای مقالات انگلیسی بررسی شده‌اند. شکل (۵) توزیع پژوهش‌های انجام شده در حوزه حکمرانی آب را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، پژوهش‌های منتشرشده به مضمون حکمرانی آب طی این ۱۴ سال رشد نسبی داشته‌اند.



شکل ۵- سری زمانی مقاله‌های منتشر شده در حوزه حکمرانی آب در ایران

#### • سنخ‌شناسی<sup>۱۰</sup> پژوهشگران

۸۳ پژوهش انتخاب شده، در مجموع توسط ۱۸۹ پژوهشگر به نگارش درآمده‌اند که در جدول (۳) فراوانی توزیع آن‌ها ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود ۵۲/۹۱ درصد پژوهش‌ها توسط اعضای هیئت علمی دانشگاه‌ها صورت گرفته



جدول ۵- توزیع جغرافیایی مراکز پژوهشی

| توزیع جغرافیایی | فراوانی | درصد  |
|-----------------|---------|-------|
| تهران           | ۱۰۶     | ۵۶/۰۸ |
| شهرستان‌ها      | ۶۶      | ۳۴/۹۲ |
| خارج از کشور    | ۱۷      | ۸/۹۹  |



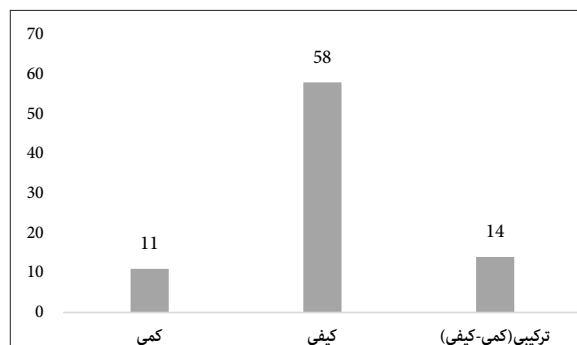
شکل ۷- فراوانی توزیع پژوهشگران

#### • روش پژوهش

همان‌طور که در جدول (۶) ارائه شده است، از لحاظ روش استفاده شده در پژوهش‌های صورت گرفته، ۶۹/۸۸ درصد پژوهش‌ها از روش پژوهش کیفی، ۱۳/۲۵ درصد پژوهش‌ها از روش کمی و ۱۷/۸۷ درصد از روش ترکیبی کمی-کیفی استفاده نموده‌اند.

جدول ۶- توزیع روش پژوهش‌ها

| روش پژوهش    | کمی   | کیفی  | ترکیبی (کمی-کیفی) |
|--------------|-------|-------|-------------------|
| تعداد        | ۱۱    | ۵۸    | ۱۴                |
| درصد فراوانی | ۱۳/۲۵ | ۶۹/۸۸ | ۱۷/۸۷             |



شکل ۸- فراوانی روش پژوهش‌های ارائه شده

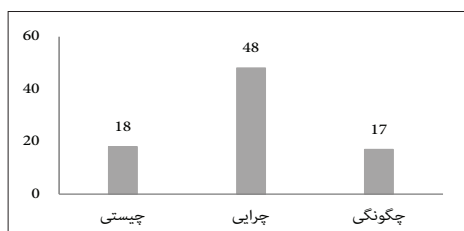
#### • ارزیابی کیفی پژوهش‌ها

در فراتحلیل، ارزیابی به اظهارنظر درباره اعتبار پژوهش‌ها گفته می‌شود. هدف از دستیابی به خطاها برجسته نمودن ضعف‌های پژوهشگر نیست؛ بلکه رسیدن به جمع‌بندی صحیح و نشان دادن خلأهای پژوهشی است (توکول و عرفان‌منش، ۱۳۹۳). در فراتحلیل روش‌های آماری بسیاری برای سنجش اعتبار پژوهش‌های کمی

وجود دارد، اما ارزیابی کیفیت در پژوهش‌هایی که صرفاً ماهیت کیفی دارند با دشواری بیشتری صورت می‌گیرد. در این پژوهش برای بررسی کیفی پژوهش‌ها، شاخص "سه‌گانه بلیکی" در نظر گرفته شده است (بلیکی، ۱۳۸۷). همچنین در ارزیابی، به تناسب موضوع، چارچوب نظری و روش‌شناسی پژوهش‌ها نیز توجه می‌شود که جنبه‌هایی از آن در بخش یافته‌های توصیفی بررسی و به جنبه‌های تکمیلی آن پرداخته شد.

جدول ۷- دسته‌بندی پژوهش‌های حوزه حکمرانی آب در ایران براساس شاخص سه‌گانه بلیکی

| سوال پژوهش      | چیستی | چرایی | چگونگی |
|-----------------|-------|-------|--------|
| تعداد (فراوانی) | ۱۸    | ۴۸    | ۱۷     |
| درصد فراوانی    | ۲۱/۶۹ | ۵۷/۸۳ | ۲۰/۴۸  |



شکل ۹- فراوانی سؤال پژوهش‌های ارائه شده

براساس شاخص سه‌گانه بلیکی، سؤال‌های پژوهشی را می‌توان از لحاظ فرم به سه دسته چیستی، چرایی و چگونگی طبقه‌بندی نمود.

#### • مقاله‌های سطح چیستی

تعداد کمی از پژوهش‌ها در سطح پاسخ به سؤال‌های چیستی حکمرانی آب، شامل تشریح مفهوم و سیر تاریخی متوقف مانده‌اند. این دسته از پژوهش‌ها به تبیین مفهوم حکمرانی آب پرداخته و اغلب با بیان سیر تحول نظریه‌های حکمرانی آب، حکمرانی خوب را به‌عنوان آخرین نظریه معرفی نموده‌اند. معرفی اصول حاکم بر حکمرانی خوب (از جمله شفافیت، پاسخگویی، حاکمیت قانون، کنترل فساد، ثبات سیاسی و ...)، از مهم‌ترین مباحث این پژوهش‌ها می‌باشد. برخی دیگر از مقاله‌های این دسته پس از معرفی، به نقد مفهوم حکمرانی آب پرداخته‌اند. از جمله مهم‌ترین جنبه‌هایی که نظریه‌های حکمرانی آب به‌خصوص حکمرانی خوب در آن‌ها نقد شده است، عبارت‌اند از: نقد آسیب‌شناسی سیاستگذاری، مفهوم تدابیر نهادی، چالش‌ها و ابزارهای حکمرانی آب، ضرورت انجام فرآیند خصوصی‌سازی در حکمرانی آب، حکمرانی در مدیریت به‌هم پیوسته منابع آب، حکمرانی خوب آب راهکاری برای توسعه پایدار و امنیت ملی در ایران، حکمرانی‌های محلی آب و ... ارائه نمودند.

## • مقاله‌های سطح چرایی

دسته دوم مقاله‌هایی هستند که پس از پاسخگویی به سؤال چیستی، به مبحث چرایی پرداخته‌اند. این دسته از مقاله‌ها که بیشترین فراوانی را داشتند، در واقع به بررسی اثر حکمرانی آب بر پارامترهای مختلف و بالعکس پرداخته‌اند. برای مثال یادگاری و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهش خود تحت عنوان "تحلیل نهادی ساختار حکمرانی آب در ایران، مطالعه حوضه زاینده‌رود" به بحث حکمرانی آب و حوزه‌های آب رودخانه در ایران پرداختند. این پژوهشگران نتیجه گرفتند در شرایط فعلی در عملکرد نهاد آب، اثربخشی مدیریت سازمانی و اداری بخش آب بیش‌تر از اثربخشی قوانین و سیاست‌های بخش آب می‌باشد. به این معنا که نقش محوری را مدیریت سازه‌ای ایفا می‌کند. همچنین، ارزیابی کلی عملکرد بخش آب نشان می‌دهد که عملکرد فیزیکی بالاترین میزان تحقق را در مقایسه با سایر مؤلفه‌های مالی، اقتصادی و عدالت دارا می‌باشد. مهم‌ترین موضوعاتی که رابطه آن‌ها با حکمرانی بررسی شده است، عبارت‌اند از: ارتباط حکمرانی با فناوری و فرهنگ، یادگیری اجتماعی، آینده‌پژوهی انتقادی، عملکرد مدیریتی، شفافیت، سایه مافیا و ...

در جدول (۸) مهم‌ترین موضوعات، مرور اجمالی مباحث و فراوانی پژوهش‌های دسته چرایی ارائه شده است. حکمرانی مؤثر بر مدیریت یکپارچه منابع آب و همچنین حکمرانی آب در حوزه‌های آب رودخانه بیش‌ترین فراوانی در بین پژوهش‌ها را دارند.

## • مقاله‌های سطح چگونگی

دسته سوم پژوهش‌هایی هستند که ضمن عبور از دسته دوم، با گسترش دامنه پژوهش خود و در نظر گرفتن شرایط بومی و ملی، سعی در ارائه الگویی برای چگونگی حکمرانی آب در ایران داشته‌اند یا روش‌های اجرایی و دستیابی به حکمرانی مطلوب را ارائه داده‌اند. برای نمونه، کلانتری و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی با عنوان "بومی‌سازی الگوی شهرهای حساس به آب (مطالعه

## تحلیل یافته‌ها

تحلیل یافته‌ها در دو بخش توصیفی و نظری بررسی می‌شود.

## • تحلیل یافته‌های توصیفی

از تحلیل توصیفی این پژوهش‌ها نتایج زیر به‌دست آمده است:

- تعداد پژوهش‌های صورت گرفته در سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۷ برای مقالات فارسی و از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۹ برای مقالات انگلیسی نشان از رشد با شیب ملایم دارد و با توجه به نمودار سری زمانی این حوزه، می‌توان ادعا نمود که از سال ۱۳۹۳ به بعد، پژوهش در این حوزه بیشتر شده است.

جدول ۸- فراوانی پژوهش‌های دسته چرایی

| فراوانی | موضوع                                           |
|---------|-------------------------------------------------|
| ۴       | حکمرانی و حفاظت از منابع آب زیرزمینی ایران      |
| ۲       | ارتباط حکمرانی، فناوری و فرهنگ                  |
| ۲       | حکمرانی آب در برنامه‌ریزی استفاده از پساب شهری  |
| ۴       | حکمرانی آب و یادگیری اجتماعی                    |
| ۹       | حکمرانی مؤثر بر مدیریت یکپارچه منابع آب         |
| ۱       | حکمرانی آب و آینده‌پژوهی انتقادی                |
| ۲       | حکمرانی آب و عملکرد مدیریتی                     |
| ۱۰      | حکمرانی آب و حوزه‌های آب رودخانه                |
| ۲       | حکمرانی آب و چالش‌های حقوقی                     |
| ۱       | حکمرانی آب و سایه مافیا                         |
| ۱       | حکمرانی آب و توسعه پایدار و امنیت ملی           |
| ۲       | حکمرانی آب و تحلیل شبکه اجتماعی                 |
| ۱       | حکمرانی محلی آب                                 |
| ۲       | حکمرانی آب و سوء مدیریت‌های آبی                 |
| ۱       | اصول حکمرانی آب و شفافیت                        |
| ۲       | ارزیابی پایداری نظام حکمرانی آب                 |
| ۱       | استخراج و وزن‌دهی شاخص‌های معرف اصول حکمرانی آب |
| ۱       | حکمرانی آب شهری                                 |

موردی: کلان‌شهر تهران) " به ارائه الگویی جدید برای حکمرانی شهرهای حساس به آب پرداختند. نتایج به‌دست آمده در کلان شهر تهران نشان داد این شهر با بحران شدید آبی مواجه است و تقریباً هیچ یک از ابعاد آن در شرایط کاملاً مطلوب قرار ندارد. نتیجه کلی تحقیق این پژوهشگران نشان داد که بیش‌ترین میزان اهمیت با ۰/۲۹۳۲ به شاخص حکمرانی حساس به آب و کمترین میزان با ۰/۰۶۱۶ به شاخص کیفیت فضای شهری مربوط است.

- ۳۹/۷۶ درصد از پژوهش‌ها در قالب مقاله‌های علمی-پژوهشی منتشر شده‌اند.

- ۵۲/۹۱ درصد پژوهشگران این حوزه اعضای هیئت علمی دانشگاه‌ها هستند که نشان‌دهنده سطح کیفی بالای پژوهش‌های انجام شده در این حوزه و پتانسیل دانشگاهی برای اظهارنظر در این حوزه است.

- ۶۹/۸۸ درصد پژوهش‌ها از روش کیفی استفاده نموده‌اند.

- ۵۶/۰۸ درصد پژوهش‌ها در مراکز و دانشگاه‌های واقع در شهر تهران صورت پذیرفته‌اند.

- ۷۶/۷۲ درصد از پژوهش‌ها توسط پژوهشگران مرد انجام شده است.

## • تحلیل یافته‌های نظری

در تحلیل نظری، به بیان پاسخ هر یک از سؤال‌های چپستی، چرایی و چگونگی با توجه به دسته‌بندی صورت گرفته از پژوهش‌ها پرداخته شده است. هر پژوهشگر براساس دیدگاه فردی، مسیر متفاوتی را برای طراحی پژوهش خود به کار برده است. پژوهش‌هایی که به سؤال‌های چپستی و چرایی حکمرانی آب پرداخته‌اند، به چشم می‌خورد که این نوع پژوهش‌ها بیشتر در حوزه نظریه آزمایی قرار می‌گیرند و به نظریه‌سازی و ارائه نظریه منجر نمی‌شوند. درحالی‌که ارائه الگوی جدیدی برای حکمرانی آب کشور به صورت کم‌رنگ‌تری در پژوهش‌ها ارائه شده است.

## بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش تلاش شد با بررسی پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه حکمرانی آب در ایران، نگرش محققان کشور به این موضوع را تحلیل و صورت‌بندی منظمی از آن‌ها ارائه شود. مقاله‌ها براساس اینکه به چه موضوع یا سؤالی درباره حکمرانی آب پرداخته‌اند در سه دسته چپستی، چرایی و چگونگی قرار گرفته‌اند. هر پژوهشگر بر اساس دیدگاه فردی، مسیر متفاوتی را برای طراحی پژوهش خود به کار برده است، از این‌رو مجموع تحقیقات از رویه قابل تحلیل واحدی پیروی نمی‌کردند. در میان پژوهش‌ها، فزونی و غلبه پژوهش‌هایی که به سؤال‌های چپستی و چرایی حکمرانی آب پرداخته‌اند، به چشم می‌خورد که این نوع پژوهش‌ها بیشتر در حوزه نظریه آزمایی قرار می‌گیرند و به نظریه‌سازی و ارائه نظریه منجر نمی‌شوند. درحالی‌که ارائه الگوی جدیدی برای حکمرانی آب کشور به صورت کم‌رنگ‌تری در پژوهش‌ها ارائه شده است. بنابراین ضرورت دارد مردم هر کشوری با توجه به شرایط خودشان به تدوین روش توسعه و

## منابع

اندیشکده تدبیر آب ایران. ۱۳۹۴. ارزیابی مقدماتی حکمرانی آب در کشور. اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی کرمان.  
آزادی احمدآبادی، ق. ۱۳۹۲. رویکرد فراتحلیلی: ظرفیت‌ها و خلاها. کتاب ماه علوم اجتماعی، ۷۱(۸): ۸۲-۸۹.  
بلیکی، ن. ۱۳۸۷. طراحی پژوهش‌های اجتماعی. ترجمه حسن چاوشیان. نشر نی. تهران. چاپ ۱۲.  
توکل، م. و عرفان‌منش، ا. ۱۳۹۳. فراتحلیل کیفی مقالات علمی

پیشرفت کشور اقدام نمایند و به‌طور مسلم تا زمانی‌که الگوی مناسبی با شرایط ایران ایجاد نشود، این مفاهیم نیز گره‌ای از کار باز نمی‌کند. برای اصلاح و بهبود حکمرانی آب، می‌توان رویکرد تغییر از بالا به پایین یا تغییر از پایین به بالا را اتخاذ نمود. برای رسیدن به این تغییرات مثبت، اول باید انگیزه‌ها و مشوق‌ها تغییر کنند و هزینه‌های مربوط به اقدامات فعالانه یا منفعل مشخص شود. هم‌فکری و استفاده از نظرات بخش دانشگاهی یکی از راهکارهای لازم در کاهش جدال و کشمکش در عرصه سیاست‌گذاری خواهد بود. لازم است نظرات انحصارطلبانه جای خود را به مذاکره و گفت‌وگو دهد و روش‌های رانت‌جویانه به حداقل رسد تا تصمیم‌های سیاست‌گذاری، حاصل گفت‌وگو و چانه‌زنی همه طرف‌های درگیر و ذی‌نفع باشد، نه حاصل قدرت بالادستی يك عضو خاص. البته این رویکردها به صورت تعاملی عمل نموده و یکدیگر را تقویت می‌کنند و در واقع با بهره‌گرفتن از مجموعه این اقدامات، می‌توان امید داشت که به‌طور ملموس حرکت کشور به سوی بهبود نحوه حکمرانی آب تقویت شود.

## پی‌نوشت

- 1-www.noormags.ir
- 2-www.sid.ir
- 3-www.magiran.com
- 4-www.ensani.ir
- 5-www.civilica.com
- 6-www.google.com
- 7-scholar.google.com
- 8-www.sciencedirect.com
- 9-www.springer.com
- 10-Typology

ناظر بر مساله فرار مغزها، بررسی مسائل اجتماعی ایران، ۷۵-۴۵: (۱)۵.  
چیت‌چیان، ح. ۱۳۹۵. بحران آب بقای ایران را تهدید می‌کند. سخنرانی در کنفرانس ملی آب. تهران. خبرگزاری تسنیم.  
خلعتبری، ج. ۱۳۸۷. آمار و روش تحقیق. تهران. نشر پردازش. چاپ اول.  
داوری، ک. ۱۳۹۳. چوب جادو کجاست؟ آیا راه‌حل فوری برای مشکلات آب کشور وجود دارد؟ سرمقاله نشریه آب و توسعه پایدار، ۱(۲).  
دباغ، س. و نفری، ن. ۱۳۸۸. تبیین مفهوم خوبی در حکمرانی

- Balali M. R. 2009. Towards Reflexive Land and Water Management in Iran Linking Technology, Governance and Culture. Thesis. Wageningen University.
- Delavari Edalat F. and Abdi M.R. 2018. Concepts, Principles and Applications for Sustainable Development. Adaptive Water Management. Springer. Cham.
- OECD. 2011. Water Governance in OECD Countries: A Multi-level Approach, OECD Studies on Water.
- Pahl-Wostl C. 2015. Water Governance in the Face of Global Change, 287 p.
- Rogers P. and Hall A. W. 2003. Effective Water Governance. Global Water Partnership. Elanders Novum press. Stockholm. Sweden.
- UNDP .2012. Institutional and Context Analysis Guidance Note. Annual Report 2012. Oslo Governance Centre. Oslo.
- Wittfogel K.A. 1957. Oriental despotism, A comparative study of total power, New Haven, CT: Yale University Press.
- Yazdanpanah M., Thompson M., Hayati D. and Zamani Gh.H. 2013. A new enemy at the gate: Tackling iran's water super-crisis by way of a transition from government to governance. Progress in Development Studies, 13(3): 177-194.
- خوب. نشریه مدیریت دولتی، ۳(۱): ۱۸-۳.
- رضاییان، م. ۱۳۸۴. واژه‌نامه توصیفی فراتحلیل‌ها. مجله ایرانی آموزش در علوم پزشکی، ۵(۲): ۱۴۳-۱۴۵.
- سلیمی، ج. و مکنون، ر. ۱۳۹۷. فراتحلیل کیفی پژوهش‌های علمی ناظر بر مساله حکمرانی در ایران. مجله مدیریت دولتی. دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ۱۰(۱): ۳۰-۱.
- کلانتری، خ. و همتی، گ. و جمعه‌پور، م. ۱۳۹۶. بومی‌سازی الگوی شهرهای حساس به آب (مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران)، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، ۵(۳): ۴۶۹-۴۹۳.
- کلانتری، ع. ۱۳۹۵. سهم کشاورزی در مصرف آب ۹۰ درصد است/ ایران تنها کشور پرمصرف جهان. <http://www.isna.ir/news/۹۵۰۵۰۱۱۵۹۷۲>
- مخبر، ع. و مهرآرا، م. ۱۳۸۲. حکمرانی و مبارزه با فساد، طرح پژوهشی حکمرانی خوب (۱). تهران: مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی. دفتر بررسی‌های اقتصادی.
- نادری، م. م. ۱۳۹۰. حکمرانی خوب؛ معرفی و نقد اجمالی، اسلام و پژوهش‌های مدیریتی، ۱(۱): ۶۹-۹۳.
- نیکونسبتی، ع. ۱۳۹۰. حکمرانی و توسعه: گذشته، حال، آینده. فصلنامه علمی پژوهشی برنامه و بودجه، ۱۶(۴): ۱۲۹-۱۵۴.
- یادگاری، آ. و یوسفی، ع. و مظفرامینی، ا. ۱۳۹۷. تحلیل نهادی ساختار حکمرانی آب در ایران: مطالعه حوضه زاینده‌رود. مجله تحقیقات منابع آب ایران، ۱۴(۱): ۱۸۴-۱۹۷.
- Allan T. 2001. The Middle East Water Question: Hydropolitics and the global economy. London and New York. The Arab Studies Journal, 9.10(2.1): 160-164.



Article Type: Applied

نوع مقاله: کاربردی

## Investigation of Water Consumption with Water and Energy Nexus Approach in Iranian Combined Cycle Power Plants

S. Ghodrati<sup>1</sup>, N. Kargari<sup>2\*</sup>, F. Farsad<sup>3</sup>, A.H. Javid<sup>4</sup>, A.R. Kani<sup>5</sup>

1,3- Student and Assistant Professor, Department of Environment (Land Assessment and Planning), Science and Research Branch of Islamic Azad University, Iran. 2- Assistant Professor, Department of Environment, Islamic Azad University, Takestan Branch, Iran. 4- Associate Professor, Department of Water and Wastewater, Science and Research Branch of Islamic Azad University, Iran. 5- Assistant Professor, Department of Energy Engineering, Science and Research Branch of Islamic Azad University, Iran..

\*(Corresponding Author Email: n.kargari@tiau.ac.ir)

Received: 10-09-2020

Accepted: 22-11-2020

## بررسی مصرف آب با رویکرد پیوند آب و انرژی در نیروگاه‌های چرخه ترکیبی ایران

سرور قدرتی<sup>۱</sup>، نرگس کارگری<sup>۲\*</sup>، فروغ فرساد<sup>۳</sup>، امیرحسین جاوید<sup>۴</sup>، علیرضا حاجی ملاعلی‌کنی<sup>۵</sup>

۱ و ۳- به ترتیب دانشجو و استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه محیط‌زیست (ارزیابی و آمایش سرزمین)، ایران. ۲- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان، گروه محیط‌زیست، ایران. ۴- دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه آب و فاضلاب، ایران. ۵- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه مهندسی انرژی، ایران.

\*(نویسنده مسئول، E-Mail: n.kargari@tiau.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۰۲

### Abstract

Electricity generation and water consumption are intertwined. With increasing population and increasing economic development, the need for energy increases and as a result, water consumption issues in energy systems will become much more complex. Most power generation technologies require water for cooling, steam turbines and power plants. The amount of water required for different types of power generation technologies is different. This study examines the amount of water consumed by Iran's combined cycle power plants and identifies the close relationship between the amount of electricity production and the amount of water used to generate electricity and helps to improve the conditions for environmental protection by managing water and energy consumption. In this study, library studies and similar studies in Iran and the world were conducted and the coefficients and methods for calculating the amount of water consumed were extracted. The amount of water consumption of each power plant was obtained by multiplying the amount of electricity generation and WCF related to the dry cooling system and the type of power plant using natural gas fuel. Finally, the data obtained from the calculations were compared with the actual data of the water consumption in the electricity generation process (demin water). Studies showed that the use of international water consumption coefficients estimates very different results compared to real data. Therefore, the use of water consumption coefficients for Iran can not be used.

**Keywords:** Water Consumption, Electricity Generation, Combined Cycle Power Plants, Water and Energy Nexus.

### چکیده

تولید برق و مصرف آب درهم تنیده است. با افزایش جمعیت و افزایش توسعه اقتصادی، نیاز به انرژی افزایش می‌یابد و در نتیجه مسائل آب مصرفی در سامانه‌های انرژی بسیار پیچیده‌تر خواهد شد. اکثر فناوری‌های تولید برق برای خنک‌کننده، توربین‌های بخار و بهره‌برداری از نیروگاه‌ها به آب احتیاج دارند. میزان آب مورد نیاز انواع مختلف فناوری‌های تولید برق متفاوت است. این پژوهش میزان آب مصرفی توسط نیروگاه‌های چرخه ترکیبی ایران را بررسی کرده و رابطه تنگاتنگ میزان تولید برق و میزان آب مصرفی جهت تولید برق را شناسایی کرده و با مدیریت مصرف آب و انرژی به بهبود شرایط در راستای حفظ محیط‌زیست کمک می‌نماید. در این پژوهش ابتدا به مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی مطالعات مشابه در ایران و جهان پرداخته شد و ضرایب و روش‌های محاسبه میزان آب مصرفی از آنها استخراج شد. میزان آب مصرفی هر نیروگاه از حاصل ضرب میزان تولید برق و WCF مربوط به سیستم خنک‌کننده خشک و نوع نیروگاه با سوخت گاز طبیعی به‌دست آمد. در نهایت داده‌های به‌دست آمده از محاسبات با داده‌های واقعی آب مصرفی در فرآیند تولید برق (آب دمین) مقایسه شد. بررسی‌ها نشان داد استفاده از ضرایب مصرف آب بین‌المللی نتایج بسیار متفاوتی را در مقایسه با داده‌های واقعی برآورد می‌کنند. لذا استفاده از ضرایب مصرف آب برای کشور ایران قابل استفاده نمی‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** مصرف آب، تولید برق، نیروگاه‌های چرخه ترکیبی، پیوند آب و انرژی.

آب و انرژی دارای رابطه دو طرفه و تنگاتنگ هستند که با یکدیگر برهم کنش دارند. با افزایش تقاضای آب و انرژی، ارتباط این دو در سالهای آینده در هم تنیده تر خواهد شد. هم آب و هم انرژی، حق و نیاز بشر و کالای اقتصادی هستند. آب برای استخراج، تولید، تبدیل، انتقال و مصرف انرژی ضروری است. می توان به آب لازم در نیروگاهها، ساخت مواد و تجهیزات مورد استفاده در بخش انرژی و ... اشاره نمود. تأمین انرژی به عنوان جزء لاینفک نیازهای بشر، با مصرف آب در هم تنیده است. با افزایش جمعیت و افزایش توسعه اقتصادی، نیاز به انرژی افزایش می یابد و در نتیجه مسائل آب مصرفی در سامانه های انرژی بسیار پیچیده تر خواهد شد. انرژی در درون واحدهای تولیدی برای حرکت ماشینهای دوار، گرمایش، خنک کاری، تصفیه و تخلیه و یا بازگردانی آب و گرمایش و سرمایش ساختمانها به کار می رود. انرژی در بیرون از واحدهای تولیدی برای نقل و انتقال مواد و محصولات استفاده می شود. طبق گزارش آژانس بین المللی انرژی، ۱۰٪ از برداشت آب دنیا به بخش انرژی اختصاص دارد که قسمت عمده آن برای نیروگاهها و تولید سوخت های فسیلی و زیست توده استفاده می شود. از طرفی از آنجایی که تقاضای انرژی در آینده افزایش خواهد یافت، در بخش نیروگاهی لازم است که فناوری های خنک کاری پیشرفته با مصرف آب کمتر، جایگزین شوند. اما افزایش تقاضای سوخت های زیستی و برق هسته ای باعث افزایش سطح برداشت و مصرف آب می شود (WWAP، ۲۰۱۴).

توجه به مسئله آب و انرژی ضروری است، زیرا مسائلی از جمله رشد جمعیت، تغییرات آب و هوایی و خشکسالی های ناشی از آن، مدیریت سیستم های انرژی و آب را پیچیده تر می کند. یونسف تخمین می زند تا سال ۲۰۵۰، افزایش جمعیت شهری برای اکثر کشورهای در حال توسعه، بیش از ۵۰ درصد رشد خواهد داشت. رشد سریع جمعیت و شهرها همراه با توسعه اقتصادی جهانی، فشار زیادی را بر منابع محدود در این سیاره وارد می کند که منابع محدود شامل آب، انرژی، غذا، زمین و اکوسیستم ها می باشند. بحران آب یک ریسک در حال حاضر و آینده است. با افزایش تقاضا برای منابع محلی، افزایش مقیاس و نوع منابع آلودگی و تغییرات اقلیمی موجب تغییر الگوهای آب و هوایی و در نتیجه موجب افزایش احتمال وقوع خشکسالی، سیل و بلایای طبیعی می شود. تا سال ۲۰۳۵، تقاضای انرژی اولیه جهان در مقایسه با سال ۲۰۱۰، ۴۰ درصد افزایش خواهد یافت. صرفه جویی در مصرف آب و انرژی یکی از مهمترین زمینه های توسعه پایدار در سراسر جهان خواهد شد. صرفه جویی در انرژی می تواند فشار را بر منابع آب کاهش دهد، زیرا آب مورد نیاز

برای تولید انرژی می تواند ذخیره شود یا دوباره استفاده شود و افزایش بهره وری آب همچنین می تواند مقدار انرژی مصرف شده برای حمل و نقل، تولید حرارت و تصفیه آب را کاهش دهد (Jiangyu و همکاران، ۲۰۱۷).

آگاهی عمومی از کمبود آب در ایران در سالهای اخیر به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. کاهش سطح آب در دریاچه ها و تالاب های مختلف مانند دریاچه ارومیه اغلب مورد بحث قرار می گیرد. بیش از ۹۰ درصد برداشت سالانه آب در ایران توسط بخش کشاورزی برای آبیاری و دامداری استفاده می شود. بخش کشاورزی عمده مصرف کننده آب در ایران و به تبع آن بخشی است که بیشتر تحت تاثیر تنش آب قرار دارد. بر این اساس، پیوند بین آب و کشاورزی در ایران مورد بحث است و قبلاً نیز به طور گسترده مورد بحث قرار گرفته است. در مقایسه با بخش کشاورزی، سهم آب مصرفی بخش انرژی بسیار کمتر است. با این حال، کمبود آب در حال حاضر از تولید برق در ایران نشأت می گیرد. با کاهش در دسترس بودن منابع آب، جنبه های امنیت انرژی و تخصیص آب در آینده نزدیک اهمیت بیشتری پیدا می کند (Terrapon و همکاران، ۲۰۱۸).

آب در تولید برق نقش مهمی دارد، به نحوی که بیش از ۸۰ درصد از آب بخش صنعت در نیروگاه های کشور مصرف می شود. می توان بیان کرد آب برای این نیروگاه ها به اندازه سوخت اهمیت دارد. باتوجه به شرایط موجود بحران آب در کشور و واقع شدن کشور ما در ناحیه گرم و خشک توجه به پیوند آب و انرژی در نیروگاه ها دارای اهمیت زیادی است.

عمده مصرف آب در نیروگاه ها، در سامانه های خنک کننده، جبران نشتی آب در سیکل بویلرها، سامانه تزریق آب به توربین های گاز برای خنک کاری هوای ورودی، سیستم آتش نشانی و حتی سامانه های حذف آلاینده ها از گازهای خروجی دودکش می باشد (عوامی، ۱۳۹۷).

با توجه به اینکه سیاست وزارت نیرو، احداث نیروگاه های چرخه ترکیبی می باشد (تراژنامه انرژی، ۱۳۹۵)، در این تحقیق سعی می شود اهمیت میزان آب مصرفی در نیروگاه های چرخه ترکیبی کشور بررسی شود.

### اهمیت آب و انرژی در صنعت

آب در صنعت تولید انرژی در بخش های ذیل استفاده می شود:

- بسیاری از فرآیندهای تبدیل برای خنک کاری به آب نیاز دارند. آب لازم برای خنک کاری در چگالنده نیروگاه هایی که سامانه خنک کاری آنها از نوع چرخه باز است، نمونه ای از این نوع کاربرد محسوب می شود.
- بسیاری از فرآیندهای تبدیل از آب به عنوان ماده اولیه استفاده

می‌کنند. از این نوع کاربرد می‌توان به آب موجود در چرخه اصلی نیروگاه بخار و آب مورد نیاز واکنش‌های شیمیایی و محلول‌ها اشاره نمود.

• تولید و استخراج انرژی به آب نیاز دارند. در برخی موارد در فرآیند استخراج نفت، آب‌های همراه تولید می‌شود.

تمام این کاربردها به‌صورت مستقیم در شاخص آب مجازی در صنعت تولید مواد و انرژی تأثیر می‌گذارند. علاوه‌براین عوامل مستقیم، این شاخص به عوامل غیرمستقیم متعددی ارتباط دارد. مقدار آبی که برای تولید انرژی مورد نیاز صنایع در بخش‌های

### پیوند آب، انرژی در صنعت تولید برق

رشد روزافزون جمعیت و توسعه صنعتی سبب افزایش تقاضای الکتریسته و افزایش مصرف آب شده است. از طرفی، تغییرات آب و هوایی می‌تواند برروی مقدار آب تجدیدپذیر در دسترس مؤثر باشند. تولید الکتریسته و آب به شدت به یکدیگر وابسته هستند. آب در دیگ بخار چرخه رانکین در نیروگاه‌های بخار، به بخار با دمای تقریبی ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱۷۰ بار تبدیل می‌شود. این بخار با به گردش درآوردن توربین، برق تولید می‌کند. سپس این بخار در چگالنده به آب تبدیل می‌شود تا دوباره وارد چرخه تولید برق شود. بخار به‌عنوان سیال عامل در چرخه بسته درون نیروگاه حرکت می‌نماید. بخار درون چگالنده نیروگاه‌های بخار، توسط سامانه خنک‌کاری باز یا بسته، خنک می‌شوند. تشکیل لجن‌ها، در چرخه بخار سبب می‌شود بخشی از آب به‌صورت جریان دوریز از چرخه خارج شود. علاوه‌بر این، معمولاً مقداری بخار به‌صورت نشتی تلف می‌شود. کلیه اتلاف‌ها با آب جبرانی جایگزین می‌شود. این مقدار آب در مقایسه با آب نیروگاه‌های متداول در آمریکا برابر  $0.02 \text{ m}^3/\text{MWh}$  است. مقدار عمده برداشت و مصرف آب در صنعت برق در سامانه خنک‌کاری نیروگاه‌ها است. هر چقدر بازده حرارتی نیروگاه بیشتر باشد، مقدار نیاز به خنک‌کاری در آن کاهش می‌یابد. لذا برداشت و مصرف آب کاهش خواهد یافت. انواع سامانه‌های خنک‌کاری شامل یک بار گذر، تر، خشک و استخری است. مقدار برداشت آب در سامانه خنک‌کاری‌تر به مراتب از سامانه خنک‌کاری یک بارگذر کمتر است. درحالی‌که مقدار مصرف آب در سامانه خنک‌کاری‌تر بیشتر است. در سامانه خنک‌کاری استخری برداشت آب کم است. اما مصرف آب به دلیل تبخیر سطحی حتی از سامانه خنک‌کاری‌تر بیشتر است. در سامانه‌های خنک‌کاری نظیر برج‌های خنک‌کننده‌تر و استخری، حجم زیادی از آب به‌صورت بخار تلف می‌شود (عوامی، ۱۳۹۷).

برای پاسخ به افزایش تقاضای برق و جایگزینی نیروگاه‌های فرسوده فعلی، نیروگاه چرخه ترکیبی به دلیل بازده بالاتر در برنامه‌های سیاستی وزارت نیرو لحاظ شده است. با افزایش بازده نیروگاه‌ها،

بالادستی صرف می‌شود و یا مقدار آبی که برای ساخت تجهیزات و دستگاه‌های مورد نیاز صنعت به‌کار می‌رود، نمونه‌ای از این ارتباط‌های غیرمستقیم است. عوامل غیرمستقیم مرزهای وسیع‌تر از فرآیند تولید در واحد صنعتی دارند. بنابراین ارتباط آب و انرژی در صنعت هم در داخل و هم در خارج از جعبه آب (سامانه آب درون واحد صنعتی) است. شدت مصرف آب بیانگر حجم آب مصرفی به ازاء یک واحد ارزش افزوده ناخالص تولیدی است که فشار اقتصاد بر منابع آبی را اندازه می‌گیرد و نشانگر سیاست‌های بهره‌وری منابع است (عوامی، ۱۳۹۷).

مقدار تقاضا برای خنک‌کاری نیز کاهش می‌یابد. با نفوذ نیروگاه‌های چرخه ترکیبی در صنعت تولید برق ایران، مقدار آب مورد نیاز برای خنک‌کاری کاهش می‌یابد. برای توسعه ظرفیت نیروگاهی با استفاده از سوخت فسیلی، نیروگاه‌های چرخه ترکیبی با بازده بالا، هزینه کمتر و مصرف آب کمتر پیشنهاد شده است. لازم است کلیه نیروگاه‌های قدیمی که معمولاً بازده پایینی دارند و مصرف آب آن‌ها بالاست، به تدریج از مدار تولید خارج شوند (عوامی، ۱۳۹۷).

### نقش آب در نیروگاه‌های بخاری

همانگونه که می‌دانیم آب همانند مایه حیات در بدن انسان در نیروگاه‌ها به‌عنوان مایه و یا عامل انتقال انرژی در دو جنبه نقش‌آفرینی می‌نماید.

الف) در چرخه بخار به‌عنوان مایه انتقال انرژی، حرارت را از سوخت مصرفی در بویلرها و یا منابع حرارتی دیگر گرفته و با انتقال آن به پره‌های توربین بخار، تبدیل به انرژی جنبشی و در نهایت از طریق ژنراتور تبدیل به انرژی الکتریکی می‌نماید. ب) در سیستم‌های خن‌کن و یا کندانسورها، به‌عنوان سیالی که انرژی حرارتی را جذب نموده و به کمک تجهیزات تعادلی همچون رادیاتورها، فن‌ها و ... به محیط انتقال می‌دهد (عیسی‌پور و عابدی، ۱۳۹۳).

### مصارف آب در نیروگاه‌ها

مصارف آب در نیروگاه به گونه‌های مختلف می‌باشد، باتوجه‌به نوع برج خنک‌کن و همچنین نوع رژیم شیمی چرخه آب و بخار متفاوت است، مصارف عمده آب در نیروگاه‌ها را می‌توان به شرح ذیل دسته‌بندی نمود:

الف) آب ورودی به تصفیه‌خانه برای تأمین آب دمن

ب) آب مصرفی در سرویس

ج) مصرف شرب

ه) فضای سبز (عیسی‌پور و عابدی، ۱۳۹۳).

Venkatesh و Larsen (۲۰۱۵) امکانات آب شهری را بررسی کردند به اهمیت و بهبود بهره‌وری انرژی در عملیاتشان توجه کردند. همچنین به آب جهت تولید انرژی، به عنوان عامل ضروری نگاه می‌کنند. فاکتورهای مدنظر عبارتند از: مسائل اقتصادی، اهداف محیط‌زیستی، خود تصویری، تقاضاهای عمومی و غیره. نیروی که از فراوانی انرژی پاک و سبز و آب شیرین برخوردار است و از نظر درآمد ناخالص داخلی یکی از ثروتمندترین کشورهای جهان است، باید به‌طور جدی به بهره‌وری انرژی در آب آشامیدنی شهری بپردازد. در سال‌های اخیر سیاستمداران، محققان و تصمیم‌گیرندگان در سازمان‌های دولتی، توپ را به سرعت در این مسیر قرار دادند (Larsen و Venkatesh, ۲۰۱۵). Mariano و Ignacio (۲۰۱۵) تحقیقی با عنوان پیوند آب و انرژی در تولید سوخت‌های زیستی و تجدیدپذیر مبتنی بر برق انجام دادند. در این مقاله پیوند آب و انرژی برای فرآیندهای تجدیدپذیر ارزیابی شده است (Mariano و Ignacio, ۲۰۱۵). Okadera و همکاران (۲۰۱۵) از روش استاندارد بالا به پایین با استفاده از یک چارچوب ورودی-خروجی استفاده کردند. نتایج نشان می‌دهد عرضه انرژی می‌تواند به منابع آب در استان‌های همسایه وابسته باشد. تولیدکنندگان خارجی ۸۰ درصد از ردپای آب در منابع انرژی را تأمین می‌کند، اگرچه تنها ۳۵ درصد از منابع انرژی وارد شده است. اگر استان لیائونینگ وابستگی خارجی خود را کاهش دهد، بازگیری منابع آب موجود در استان از ۸۶ درصد به ۹۱ درصد افزایش می‌یابد. برای تضمین امنیت انرژی منطقه‌ای در آینده، مهم است مدیریت منابع آب را به‌طور موثر از طریق تولید برق و با تخصیص منابع آب در میان بخش‌ها مدیریت کرد (Okadera و همکاران, ۲۰۱۵). Vilanova و Balestrieri (۲۰۱۵) استفاده از برق برای تولید و تأمین آب در برزیل را ارزیابی کردند. پنج دسته از شاخص‌ها عبارت بودند از: سرانه، تلفات آب، انرژی، گازهای گلخانه‌ای (GHG<sup>۱</sup>) و مالی/اقتصادی که در تعریف ارزش‌های شهری استفاده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد سیستم‌های تأمین آب حداقل در سال ۲۰۱۲ به میزان ۱/۹٪ کل مصرف برق در برزیل و از دست دادن آب ۲۷٪ از آب و انرژی در سیستم‌های تأمین آب از برزیل است. Lee و همکاران (۲۰۱۷) تحقیقی جهت بررسی مقایسه‌ای در مورد شدت انرژی و اثرات محیط‌زیستی در ارتباط با خطرات آب در سطح جهانی انجام دادند. این مطالعه با هدف بررسی نتایج کمی از پیوند باتوجه به شدت انرژی و اثرات محیط‌زیستی (به‌طور عمده انتشار گازهای گلخانه‌ای) در سیستم‌های موجود در چرخه آب شهری انجام شده است.

Fernandez و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از روش مدل‌سازی بین‌رشته‌ای شامل ارتباط یک مدل هیدرولوژیکی (LISFLOO) و یک مدل سیستم برق (Dispa-SET) به اندازه‌گیری پیوند آب و انرژی در سیستم‌های برق هیدروترمال پرداختند. طی این تحقیق مقدار هزینه‌های تولید، اثرات محیط‌زیستی، مصرف آب و خروج آب و همچنین تنش آب در مکان‌های مختلف نیروگاه در طول یک سال تعیین شد. Chunyan و همکاران (۲۰۱۷) به تجزیه و تحلیل مبتنی بر تکنولوژی پیوند آب و انرژی و انتشار از صنعت فولاد چین با توسعه رویکرد مبتنی بر تکنولوژی پرداختند. توسعه تکنولوژی پیشرفته و بهبود کیفیت مواد اولیه می‌تواند انتشار گازهای SO<sub>۲</sub> و NOX را تا ۵۷٪ و ۲۵٪ کاهش دهد. Jiangyu و همکاران (۲۰۱۷) تحقیقی با عنوان پیوند آب و برق: بررسی روش‌ها و ابزار برای ارزیابی کلان را انجام دادند. در این پژوهش بر تجزیه و تحلیل کمی پیوند آب و انرژی، عدم ارائه چارچوب منحصر به فرد جهت مطالعه پیوند آب و انرژی تأکید شد. X.D و G.Q (۲۰۱۷) مصرف آب صنعتی که ناشی از زیرساخت نیروگاه خورشیدی است بیش از یک مرتبه بالاتر از مقادیر قبلی نشان داده شده است. این مقدار تقریباً دو برابر چرخه عمر صنعتی برداشتن آب شیرین برای سیستم تولید برق معمولی زغال سنگ برای مقدار واحد برق تولید شده است. Khozondar (۲۰۱۷) میزان مصرف آب برای تولید برق در نیروگاه‌های ترکیه را بررسی کردند. اهداف اصلی این مطالعه شناسایی مقدار آب مصرفی برای تولید ۱ گیگاوات ساعت برق برای هر نوع سوخت مورد استفاده در ترکیه و بررسی راه‌های کاهش مصرف آب در نیروگاه‌هایی است که انتظار می‌رود در آینده نزدیک ساخته شود. روش مورد استفاده در این پژوهش بهره‌گیری از نرم‌افزار LEAP می‌باشد. براساس نتایج به‌دست آمده بیشترین مصرف آب در برج‌های خنک‌کننده تر و کمترین آن در برج‌های خنک‌کننده خشک می‌باشد. Larsen و Drews (۲۰۱۹) از یکسری شاخص‌ها در خصوص مصرف آب باتوجه به داده‌های مطالعات پیشین استفاده کردند. مصرف آب برای سیستم انرژی اروپا در بازه زمانی ۲۰۱۵-۱۹۸۰ در نظر گرفته شده و نتایج حاکی از آن است که "رویکرد مبتنی بر گروه" توانایی ارائه تخمین محکم از مصرف سالانه آب توسط سیستم‌های انرژی برای تجزیه و تحلیل در سطح کشور و سطح منطقه را دارد. عیسی‌پور و عابدی (۱۳۹۳) تحقیقی با عنوان بررسی مصرف آب در نیروگاه‌های حرارتی و ارائه راهکارهای اصلاح الگوی مصرف این پژوهش راهکارهای اصلاح الگوی مصرف را با مد نظر قراردادن حفظ کارایی و قابلیت نیروگاه‌ها ارائه می‌نماید.



## • روش انتخاب نیروگاه های سیکل ترکیبی نمونه:

باتوجه به اینکه سیاست های کشور در راستای احداث نیروگاه های سیکل ترکیبی می باشد، کلیه این نوع نیروگاه ها که در مدار هستند، از گزارش های تولید شده در سال ۱۳۹۷ شرکت توانیر استخراج شدند و در مجموع ۲۶ مورد از نیروگاه های سیکل ترکیبی به نام های: نیروگاه سیکل ترکیبی گناوه، دماوند، سرو (چادرملو)، آبادان، فارس، شریعتی، رجایی، منتظر قائم، شهدای پیروز بهبهان، پرند، شوباد، زواره، خوی، نیشابور، گیلان، سمنگان، شیرکوه، شیروان، کرمان، یزد، تابان یزد، شهید سلیمی، قم، سنندج، کازرون و پره سر انتخاب شدند. سپس اطلاعات مربوط به پارامترهای مهم در انتخاب نیروگاه نمونه شامل: موقعیت جغرافیایی، مدل و تیپ توربین، نوع سوخت مصرفی، میزان تولید برق، قدرت نامی، سال بهره برداری و نوع سیستم های خنک کننده از گزارش های توانیر استخراج شد. در نهایت برای انتخاب نیروگاه های نمونه باتوجه به پارامترهای سال بهره برداری و نوع سیستم خنک کننده که اثرگذاری بیشتری در نتایج میزان آب مصرفی دارند، ۹ نیروگاه شامل: گیلان، فارس، خوی، یزد، کرمان، دماوند، زواره، چادرملو و شیرکوه به عنوان نمونه جهت بررسی موضوع پژوهش حاضر انتخاب شدند.

## • برآورد میزان مصرف آب در نیروگاه های چرخه ترکیبی:

اطلاعات مورد نیاز جهت بررسی پیوند آب و انرژی، شامل میزان آب مصرفی توسط نیروگاه های سیکل ترکیبی جهت تولید برق می باشد. در این پژوهش ابتدا به مطالعات کتابخانه ای و بررسی مطالعات مشابه در ایران و جهان پرداخته شد. باتوجه به اینکه میزان آب مصرفی نیروگاه ها شامل ۳ بخش آب صنعتی مورد استفاده در فرآیند تولید (آب دمین)، آبیاری فضای سبز و آب شرب است و تنها اطلاعات مربوط به میزان آب مصرفی در فرآیند تولید در دسترس می باشند و این داده ها به دلیل تغییرات بسیار اندک، به صورت میانگین پنج سال اخیر در شرکت تولید نیروی برق حرارتی استفاده می شوند. در این پژوهش داده های واقعی با داده های به دست آمده از تخمین با بهره گیری از ضرایب انتشار بررسی شدند. بنابراین ضرایب و روش های محاسبه میزان آب مصرفی از مطالعات مختلف استخراج شد. توجه به نوع سیستم خنک کننده، ضرایب مورد استفاده در پژوهش که از مطالعات خارجی استخراج شده است، مختص به آب مصرفی در فرآیند می باشند.

ضریب مصرف آب ( $WCF^1$ ) براساس سیستم های خنک کننده فناوری های مختلف تولید برق از عوامل مهم در تعیین میزان مصرف آب در نیروگاه ها است. مطالعات در مورد نیاز آب در سیستم های خنک کننده محدود است، زیرا اطلاعات دقیق در دسترس نیست.  $WCF$  ها برای نیروگاه ها می توانند با استفاده از داده های میدانی یا

مدل ها محاسبه شوند (Khozondar, ۲۰۱۷).

برای تعیین میزان مصرف آب نیروگاه های نمونه، از نوع سوخت و سیستم خنک کننده مبتنی بر WCF استفاده می شود. ضرایب مصرف آب در مطالعات Khozondar (۲۰۱۷) و Macknick و همکاران (۲۰۱۱) با توجه به نوع نیروگاه، سوخت مصرفی و نوع سیستم های خنک کننده استخراج و در جداول (۱ و ۲) ارائه شد.

جدول ۱- ضرایب مصرف آب در انواع نیروگاه ها (Macknick و همکاران، ۲۰۱۱)

| نوع سوخت    | نوع سیستم خنک کننده | WCF(m3/Gwh) |
|-------------|---------------------|-------------|
| هسته ای     | برج خنک کننده تر    | ۲۵۴۳        |
|             | یکبار گذر           | ۱۰۱۸        |
|             | برج خنک کننده خشک   | -           |
| گاز طبیعی   | برج خنک کننده تر    | ۷۴۹         |
|             | یکبار گذر           | ۳۷۸         |
|             | برج خنک کننده خشک   | ۷/۵         |
| زغالی       | برج خنک کننده تر    | ۲۶۰۰        |
|             | یکبار گذر           | ۹۴۶         |
|             | برج خنک کننده خشک   | ۱۰۶         |
| بیوگاز      | برج خنک کننده تر    | ۸۸۹         |
|             | برج خنک کننده خشک   | ۱۳۲         |
| زمین گرمایی | برج خنک کننده تر    | ۵۲۹۹        |
|             | برج خنک کننده خشک   | ۵۱۱         |
| PV          | -                   | ۹۸          |

جدول ۲- ضرایب مصرف آب در نیروگاه های گازسوز (Khozondar, ۲۰۱۷)

| نوع سوخت  | نوع سیستم خنک کننده | تکنولوژی           | WCF (gal/Mwh) |       |        |
|-----------|---------------------|--------------------|---------------|-------|--------|
|           |                     |                    | میانگین       | حداقل | حداکثر |
| گاز طبیعی | برج                 | چرخه ترکیبی        | ۲۵۳           | ۱۵۰   | ۲۸۳    |
|           |                     | بخار               | ۱۲۰۳          | ۹۵۰   | ۱۴۶۰   |
|           |                     | چرخه ترکیبی با ccs | ۴۹۶           | ۴۸۷   | ۵۰۶    |
| یکبارگذر  | چرخه ترکیبی         | چرخه ترکیبی        | ۱۱۳۸۰         | ۷۵۰۰  | ۲۰۰۰۰  |
|           |                     | بخار               | ۳۵۰۰۰         | ۱۰۰۰۰ | ۶۰۰۰۰  |
| حوضچه خشک | چرخه ترکیبی         | چرخه ترکیبی        | ۵۹۵۰          | ۵۹۵۰  | ۵۹۵۰   |
|           |                     | چرخه ترکیبی        | ۲             | ۰     | ۴      |
|           |                     | بخار               | ۴۲۵           | ۱۰۰   | ۷۵۰    |

## • محاسبه میزان مصرف آب:

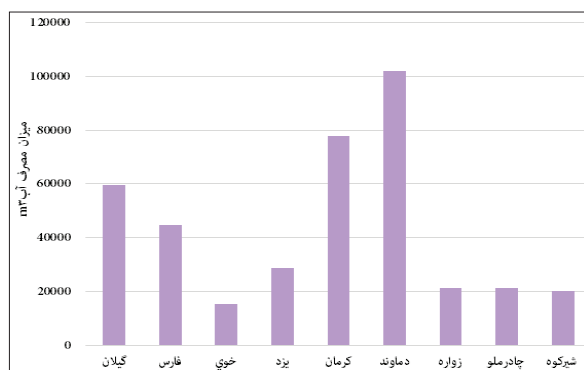
جهت محاسبه مقادیر میزان آب مصرفی نیروگاه ها در فرآیند با استفاده از ضرایب مصرف آب، از رابطه (۱) استفاده شد. PPWC میزان مصرف آب ( $m^3$ )، GEN مقدار برق تولید شده (GWh) در



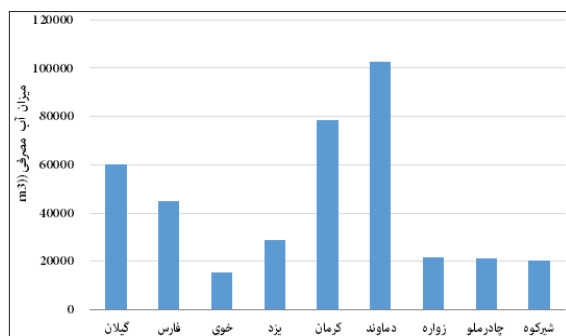
آب مصرفی هر نیروگاه با توجه به میزان تولید برق و WCF مربوط به سیستم خنک‌کننده خشک از نوع نیروگاه با سوخت گاز طبیعی (Macknick و همکاران، ۲۰۱۱) به‌دست آمد (جدول ۴). مقایسه میزان مصرف آب در نیروگاه‌های منتخب با استفاده از ضرایب مصرف آب براساس نیروگاه‌های گازسوز در شکل (۲) ارائه شده است.

جدول ۴- نتایج محاسبه میزان آب مصرفی براساس آمار تولید برق سال ۹۶

| نام نیروگاه‌های<br>سیکل ترکیبی | میزان تولید<br>برق (مگا وات<br>ساعت) | ضریب<br>مصرف آب<br>(m <sup>3</sup> /mwh) | میزان آب<br>مصرفی (m <sup>3</sup> ) |
|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|
| گیلان                          | ۷۹۴۲۰۰۰                              | ۷/۵                                      | ۶۰۱۲۷/۴۵                            |
| فارس                           | ۵۹۵۲۰۰۰                              |                                          | ۴۵۰۶۱/۵۲                            |
| خوی                            | ۲۰۵۷۰۰۰                              |                                          | ۱۵۵۷۳/۱۷                            |
| یزد                            | ۳۸۲۷۰۰۰                              |                                          | ۲۸۷۸۴/۲۵                            |
| کرمان                          | ۱۰۳۵۳۰۰۰                             |                                          | ۷۸۳۸۰/۶۹                            |
| دماوند                         | ۱۳۵۸۲۰۰۰                             |                                          | ۱۰۲۸۲۶/۸۷                           |
| زواره                          | ۲۸۳۷۰۰۰                              |                                          | ۲۱۴۷۸/۴۱                            |
| چادرمیلو                       | ۲۸۲۶۰۰۰                              |                                          | ۲۱۳۹۵/۱۳                            |
| شیرکوه                         | ۲۶۸۶۰۰۰                              |                                          | ۲۰۳۳۵/۲۲                            |



شکل ۱- مقایسه میزان مصرف آب در نیروگاه‌های منتخب با استفاده از ضرایب مصرف آب براساس انواع نیروگاه‌ها



شکل ۲- مقایسه میزان مصرف آب در نیروگاه‌های منتخب با استفاده از ضرایب مصرف آب براساس نیروگاه‌های گازسوز

هر نیروگاه، WCF ضریب مصرف آب است که براساس نوع سوخت و نوع سیستم خنک‌کننده (m<sup>3</sup>/GWh) تعیین می‌شود.  $i$  نیروگاه با سیستم خنک‌کننده خاص با هر نوع سوخت،  $z$  نیروگاهی با نوع سوخت خاص،  $M$  تعداد نیروگاه با سیستم خنک‌کننده خاص با هر نوع سوخت، و  $N$  تعداد نیروگاه با نوع سوخت خاص می‌باشد (Khozondar, ۲۰۱۷).

$$PPWC = \sum_j^N \sum_i^M (GEN_{i,j} \times WCF_{i,j}) \quad (1)$$

در نهایت میزان آب مصرفی نیروگاه‌های نمونه از حاصل ضرب میزان تولید برق با استفاده از هر دو ضرایب میزان آب مصرفی و باتوجه به نوع سیستم خنک‌کننده خشک، نوع نیروگاه چرخه ترکیبی و با سوخت گاز طبیعی به‌دست آمد و برای اطمینان از مقادیر به دست آمده، نتایج با داده‌های واقعی از میزان آب دمین مقایسه شد.

## یافته‌ها

### ۱- محاسبه میزان آب مصرفی با استفاده از ضریب مصرف آب براساس انواع نیروگاه‌ها:

با استفاده از رابطه (۱) و ضریب ارائه شده در جدول (۳)، میزان آب مصرفی هر نیروگاه با توجه به میزان تولید برق و WCF مربوط به سیستم خنک‌کننده خشک از نوع نیروگاه با سوخت گاز طبیعی (Khozondar, ۲۰۱۷) به‌دست آمد (جدول ۳). مقایسه میزان مصرف آب در نیروگاه‌های منتخب با استفاده از ضرایب مصرف آب براساس انواع نیروگاه‌ها در شکل (۱) ارائه شدند.

جدول ۳- نتایج محاسبه میزان آب مصرفی بر طبق آمار تولید برق سال ۹۶ (شرکت مادر تخصصی توانیر و شرکت مادر تخصصی تولید نیروی برق حرارتی، ۱۳۹۶)

| نام نیروگاه‌های<br>سیکل ترکیبی | میزان تولید<br>برق (Gwh) | WCF<br>(m <sup>3</sup> /Gwh) | میزان مصرف<br>آب (m <sup>3</sup> ) |
|--------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| گیلان                          | ۷۹۴۲                     | ۷/۵                          | ۵۹۵۶۵                              |
| فارس                           | ۵۹۵۲                     |                              | ۴۴۶۴۰                              |
| خوی                            | ۲۰۵۷                     |                              | ۱۵۴۲۷/۵                            |
| یزد                            | ۳۸۲۷                     |                              | ۲۸۷۰۲/۵                            |
| کرمان                          | ۱۰۳۵۳                    |                              | ۷۷۶۴۷/۵                            |
| دماوند                         | ۱۳۵۸۲                    |                              | ۱۰۱۸۶۵                             |
| زواره                          | ۲۸۳۷                     |                              | ۲۱۲۷۷/۵                            |
| چادرمیلو                       | ۲۸۲۶                     |                              | ۲۱۱۹۵                              |
| شیرکوه                         | ۲۶۸۶                     |                              | ۲۰۱۴۵                              |

### ۲- محاسبه میزان آب مصرفی با استفاده از ضریب مصرف آب براساس نیروگاه‌های گازسوز:

با استفاده از رابطه (۱) و ضریب ارائه شده در جدول (۴) میزان

### ۳- میزان آب مصرفی در فرآیند تولید برق (آب دمین):

داده‌های واقعی به‌دست آمده از متوسط میزان آب مصرفی فرآیند (آب دمین) از گزارش‌های آماری صنعت برق در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول ۵- متوسط میزان آب مصرفی در فرآیند تولید (m<sup>۳</sup>) در ۵ سال اخیر در نیروگاه‌های نمونه (شرکت مادر تخصصی توانیر و شرکت مادر تخصصی تولید نیروی برق حرارتی، ۱۳۹۶)

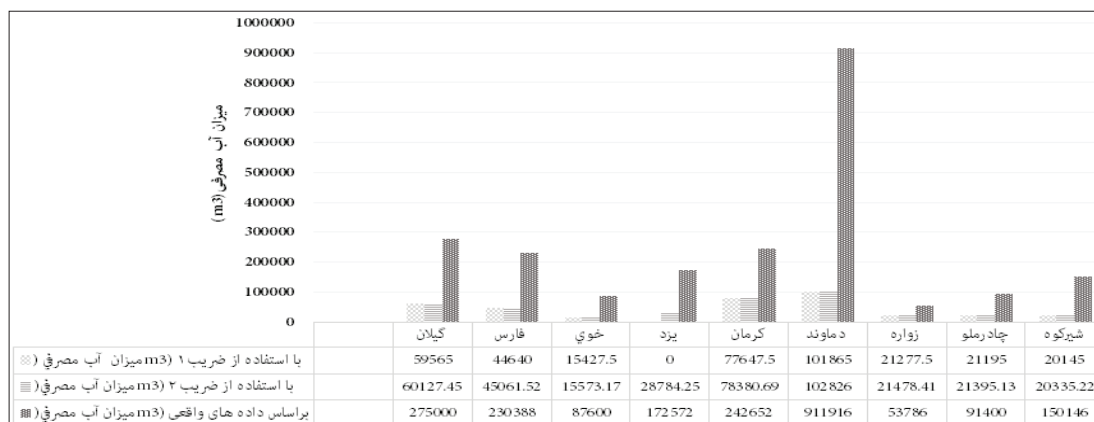
| نام نیروگاه‌های سیکل ترکیبی | میزان آب مصرفی (m <sup>۳</sup> )    |                                       |                       |
|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
|                             | با استفاده از ضریب انواع نیروگاه‌ها | با استفاده از ضریب نیروگاه‌های گازسوز | براساس داده‌های واقعی |
| گیلان                       | ۵۹۵۶۵                               | ۶۰۱۲۷/۴۵                              | ۲۷۵۰۰۰                |
| فارس                        | ۴۴۶۴۰                               | ۴۵۰۶۱/۵۲                              | ۲۳۰۳۸۸                |
| خوی                         | ۱۵۴۲۷/۵                             | ۱۵۵۷۳/۱۷                              | ۸۷۶۰۰                 |
| یزد                         | ۲۸۷۰۲/۵                             | ۲۸۷۸۴/۲۵                              | ۱۷۲۵۷۲                |
| کرمان                       | ۷۷۶۴۷/۵                             | ۷۸۳۸۰/۶۹                              | ۲۴۲۶۵۲                |
| دماوند                      | ۱۰۱۸۶۵                              | ۱۰۲۸۲۶/۸۷                             | ۹۱۱۹۱۶                |
| زواره                       | ۲۱۲۷۷/۵                             | ۲۱۴۷۸/۴۱                              | ۵۳۷۸۶                 |
| چادرمولو                    | ۲۱۱۹۵                               | ۲۱۳۹۵/۱۳                              | ۹۱۴۰۰                 |
| شیرکوه                      | ۲۰۱۴۵                               | ۲۰۳۳۵/۲۲                              | ۱۵۰۱۴۶                |

### بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از محاسبه میزان آب مصرفی نیروگاه‌های نمونه با استفاده از ضرایب مصرف در مطالعات خارجی با داده‌های واقعی از میزان آب مصرفی نیروگاه‌ها در شکل (۳) مقایسه شدند. بررسی‌ها نشان داد استفاده از ضرایب مصرف آب بین‌المللی نتایج بسیار متفاوتی را در مقایسه با داده‌های واقعی برآورد می‌کنند. بنابراین استفاده از چنین ضرایبی برای کشور ایران قابل استفاده نمی‌باشد. تقاضای برق در کشور ایران رو به افزایش است. به‌گونه‌ای که

تعداد مشترکین برق از ۲۱۵۴۶ هزار مشترک در سال ۱۳۸۶ به ۳۲۸۳۱/۱ هزار مشترک در سال ۱۳۹۴ رسیده است. در همین راستا تولید ناویژه برق از ۲۰۳۹۸۶ گیگاوات ساعت در سال ۱۳۸۶ به ۲۸۰۶۳۴ گیگاوات ساعت رسیده است. علاوه بر افزایش تعداد مشترکین و افزایش تولید برق در این بازه زمانی، تولید سرانه برق نیز از ۲۸۵۸/۳ گیگاوات ساعت در سال ۱۳۸۶ به ۳۵۶۲/۶ افزایش یافته است که نشان دهنده تغییر الگوی مصرف در سطح کشور می‌باشد. بنابراین با توجه به روند فوق انتظار می‌رود با افزایش تقاضای برق، نیاز به احداث نیروگاه‌های جدید افزایش می‌یابد و به دنبال آن افزایش مصرف آب جهت تولید برق اتفاق خواهد افتاد. درحالی‌که کشور با بحران آب روبه‌رو است. لذا توجه به مدیریت پیوند آب و انرژی بسیار ضروری است.

جهت مقایسه با مطالعات سایر کشورها می‌توان به مطالعه انجام شده در کشور ترکیه اشاره کرد. مقیاس در نظر گرفته شده در این پژوهش سطح ملی می‌باشد. بررسی‌ها نشان داد متداول‌ترین سیستم خنک‌کننده در نیروگاه‌های ترکیه، سیستم خنک‌کننده مرطوب است که بیشترین میزان آب را در میان سایر سیستم‌های خنک‌کننده مصرف می‌کند. کل مصرف آب در سال ۲۰۱۶، ۱۸۷ میلیون متر مکعب و WTI<sup>۲</sup> برای سال ۲۰۱۶، ۶۹۳ مترمکعب در هر گیگاوات ساعت تعیین شده است. در این تحقیق سناریوهای مختلف بررسی شده که مطابق با یکی از آن‌ها حتی اگر استفاده از سیستم‌های خنک‌کننده خشک به میزان زیادی در مصرف آب کاهش ایجاد کند، به دلیل اختلاف ظرفیت گرمایی بین آب و هوا، بازده کمی دارند. همچنین، این سیستم‌ها هزینه سرمایه بالاتری نسبت به سیستم‌های مرطوب دارند. لازم به ذکر است شرایط نیروگاه‌های ایران با سایر کشورها از نظر راندمان و کیفیت و ترکیب سوخت کاملاً متفاوت هستند و در کشورهای دیگر به خصوص آمریکا عمدتاً از نوع نیروگاه‌های زغال‌سنگی استفاده می‌شود و در کشورهای اروپایی نیروگاه‌های حرارتی مثل ایران ندارند و بیشتر از برق تجدیدپذیر استفاده می‌کنند. بنابراین مقایسه کشور ایران با سایر کشورها، مقایسه صحیحی نخواهد بود.



شکل ۳- مقایسه برآورد میزان آب مصرفی نیروگاه‌های نمونه با استفاده از ضرایب مصرف آب ۱ و ۲ با داده‌های واقعی آب دمین

- Lee M.A., Keller A., Chiang P., Den W., Wang H., Hou CH., Wu J., Wang X. and Yan J. 2017. Water-energy nexus for urban water systems: A comparative review on energy intensity and environmental impacts in relation to global water risks. *Applied Energy*, 205: 589-601.
- Larsen M. and Drews M. 2019. Water use in electricity generation for water-energy nexus analyses: The European case. *Science of The Total Environment*, 651(2): 2044-2058.
- Macknick J., Newmark R., Heath G., and Hallett K. 2011. A Review of Operational Water Consumption and Withdrawal Factors for Electricity Generating Technologies, national Renewable Energy laboratory, NREL/TP-6A20-50900.
- Mariano M. and Ignacio E.G. 2015. Water-energy nexus in biofuels production and renewable based power. *Sustainable Production and Consumption*, 2: 96-108.
- Okadera T., Geng Y., Fujita T., Dong H., Liu Z., Yoshida N. and Kanazawa T. 2015. Evaluating the water footprint of the energy supply of Liaoning Province, China: A regional input-output analysis approach. *Energy Policy*, 78: 148-157.
- Terrapon-Pfaff J., Thomas F. and Leshtenbohrer S. 2018. The Water-Energy Nexus in Iran (Water-Related Challenges for the Power Sector), Friedrich Ebert stiftung, 1-21.
- Vilanova M. and Balestieri J. 2015. Exploring the water-energy nexus in Brazil: The electricity use for water supply, *Energy*, 85: 415-432.
- Venkatesh G. and Larsen H. 2015. Water-energy nexus in urban water utilities: a brief Norwegian outlook, Vann-energi nexus i urbane vannverk: et norsk perspektiv. *VATTEN-Journal of Water Management and Research*, 71: 101-109.
- WWAP (United Nation World Water Assessment Programme). 2014. Water and Energy, Paris, UNESCO.

- 1-Greenhouse Gases
- 2-Water consumption factor
- 3-Water Intensity

## منابع

- امینی، ف. صابر فتاحی، ل. سلیمانپور، پ. گل قهرمانی، ن. شفیعی زاده، م.ع. توانپور، م. فرمد، م. و خودی، م. ۱۳۹۵. ترانزنامه انرژی. معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه ریزی و اقتصاد کلان برق و انرژی.
- عوامی، ا. ۱۳۹۷. پیوند آب و انرژی در صنعت (مبانی، روشها و کاربردها). جلد اول. موسسه انتشارات علمی. چاپ اول. تهران، ایران.
- عیسی‌پور، ع. و عابدی، ش. ۱۳۹۳. بررسی مصرف آب در نیروگاه‌های حرارتی و ارائه راهکارهای اصلاح الگوی مصرف. هفتمین کنفرانس نیروگاه‌های برق، بندرعباس، ایران.
- وزارت نیرو. ۱۳۹۶. شرکت مادر تخصصی توانیر و شرکت مادر تخصصی تولید نیروی برق حرارتی. گزارش آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه تولید نیروی برق. نشریه آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه تولید نیروی برق.
- Chunyan W., Ranran W., Edgar H. and Yi L. 2017. A technology-based analysis of the water-energy emission nexus of China's steel industry. *Resources, Conservation & Recycling*, 124:116-128.
- El-khozondar B. 2017. Investigating The Use Of Water For Electricity Generation At Turkish Power Plants, Department of Environmental Engineering, Hacettepe University, 06800, Beytepe, Ankara, Turkey. Degree of Master of Science, Science and Engineering of Hacettepe University.
- Fernández R, I., Kavvadias K.I. and Hidalgo G. 2017. Quantifying the water-power linkage on hydro-thermal power systems: A Greek case study," *Applied Energy*, 203: 240-253.
- Jiangyu D., Shiqiang W., Guoyi H., Weinberg J., Xie X., Wu X., Song X., Jia B., Xue W. and Yang Q. 2017. "Water-energy nexus: A review of methods and tools for macro-assessment," *Applied Energy*,

## Natural Resources Stakeholders

M. Kolahi

Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Water and Environment Research Institute, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Email: MahdiKolahi@um.ac.ir

Received: 23-08-2020

Accepted: 29-12-2020

## گروداران منابع طبیعی

مهدی کلاهی

استادیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، پژوهشکده آب و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

E-Mail: MahdiKolahi@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۹

### Abstract

Stakeholder analysis is essential in any adaptive comanagement. In the meantime, different words are used to name and separate stakeholders. The main purpose of this article is to clarify the term of stakeholder and their types in good governance of natural resources (water, issues of natural habitats, and environmental problems). By applying a descriptive-analytic method, the paper identifies the semantic difference among the word of stakeholders and those such as beneficiaries and authorities. It then divides the stakeholders into two main categories and 11 groups. The findings of the study indicate that the lack of proper vocabulary, coupled with a misunderstanding or limited understanding of the term of natural resources' stakeholders, alone is sufficient to defeat plans of or to destroy natural resources. It also argues that nowadays the discussions of stakeholder analysis and stakeholder engagement are important because balancing the dissimilar needs, desires, and expectations by different stakeholders is more important than ever, and of course, it has become more complex. As a result, identifying, analyzing, and engaging stakeholders is the basis of participatory management and sustainable conservation. Finally, there is a need for open policies to attract stakeholder engagement.

**Keywords:** Stakeholder Engagement, Stakeholder Analysis, Adaptive Co-management, Good Governance.

### چکیده

لازمه حکمروایی خوب و مدیریت مشارکتی-تطبیقی در هر موضوعی، شناخت افراد و نهادهای مرتبط است. در این بین، واژگان مختلفی برای نام‌گذاری و تفکیک آنها از یکدیگر به کار گرفته می‌شوند. هدف اصلی این مقاله، روشن‌گری در مورد واژه گروداران و انواع آنها در حکمروایی خوب منابع طبیعی (آب، زیستگاه‌های طبیعی و مسائل محیط‌زیستی) است. این پژوهش با به‌کارگیری روش تحلیلی-توصیفی، تفاوت معنایی واژه گروداران با عناوینی همچون ذی‌نفعان و دست‌اندرکاران را مشخص می‌سازد. سپس گروداران را در دو دسته و ۱۱ گروه تقسیم‌بندی می‌نماید. یافته‌های پژوهش بیانگر آن است که درک نادرست یا محدود از واژه گروداران منابع طبیعی، به‌همراه عدم به‌کارگیری صحیح نقش‌ها، می‌تواند به شکست طرح‌ها و نابودی منابع طبیعی بیانجامد. همچنین بیان می‌کند، بحث تح لیل گروداران و مشارکت گروداران از این جهت مهم است که امروزه ایجاد موازنه بین نیازها، خواسته‌ها و انتظارات متفاوت گروداران مختلف، بیش از هر زمان دیگری اهمیت یافته و البته پیچیدگی‌های زیادی نیز دارد. در نتیجه، شناسایی، تحلیل و مشارکت گروداران، اساس مدیریت مشارکتی-تطبیقی و حفاظت پایدار است. در پایان، ضرورت اتخاذ سیاست‌های باز برای جلب همکاری گروداران تبیین می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** یاری‌گری گروداران، تحلیل گروداران، مدیریت مشارکتی-تطبیقی، حکمروایی خوب.



آب، زیستگاه‌های طبیعی (همچون جنگل‌ها، مراتع، بیابان‌ها، چشم‌اندازها، تالاب‌ها) و مسائل محیط‌زیستی (آلودگی‌ها)، باید حداقل به چهار سوال اساسی پاسخ داد: (الف) با چه کسانی یا نهادهایی قرار است مشارکت شود؟ (ب) چرا باید مشارکت انجام شود؟ (ج) چگونه و براساس چه ساختاری این مشارکت صورت بگیرد؟ (د) از کی و هر چند وقت به چند وقت این مشارکت باید اتفاق بیافتد؟ (Worboys و همکاران، ۲۰۱۵) بنابراین در اولین قدم برای رسیدن به مشارکت، نیاز است کلیه افراد و نهادهای مرتبط با موضوع، شناسایی شوند. در ادبیات انگلیسی، به این عبارت «کلیه افراد و نهادهای مرتبط»، واژه «Stakeholders» اطلاق می‌شود. سوال این است که برای این واژه انگلیسی، چه معادل مناسب پارسی در رشته‌های آب، منابع طبیعی و محیط‌زیست می‌توان ارائه کرد.

این مقاله با به‌کارگیری روش تحلیلی-توصیفی، واژه و انواع Stakeholders در منابع طبیعی را بررسی کرده و اهمیت و جایگاه آنها را در حکم‌روایی خوب آب، زیستگاه‌های طبیعی و مسائل محیط‌زیستی ترسیم می‌نماید. یافته‌های این مقاله، مبنایی برای شناسایی افراد و نهادهای مرتبط است. آن همچنین افق برنامه‌ریزی برای شناسایی، سیاست‌گذاری، مشارکت و درگیر کردن افراد یا نهادهای Stakeholder را مشخص می‌کند.

#### مناسب‌ترین برگردان فارسی برای واژه Stakeholder

در فرهنگ‌لغت‌های مختلف انگلیسی به فارسی، برای واژه Stakeholder، معانی مختلفی همچون گروگذار؛ ذی‌نفع؛ ذی‌دخل/جوانب ذی‌دخل؛ پشتیبان؛ و سهام‌دار نوشته شده است. برای موضوع مقاله حاضر در زمینه منابع طبیعی، تعاریف فوق از قدرت مفهومی-کاربردی مناسبی برخوردار نبوده و چالش‌هایی در گفتگوهای افراد درگیر و نیز در گام‌های مدیریت مشارکتی ایجاد کرده است. این چالش‌ها حتی باعث تعارض‌ها و تضادهای بسیاری در سطوح بین‌فردی، بین‌گروهی، بین‌سازمانی، و فرا-سازمانی شده است (پایسته و همکاران، ۱۳۹۹؛ جنتی چنار و کلاهی، ۱۳۹۷). گاهی عمده درگیری‌ها از عدم شناخت درست جایگاه یکدیگر است (Wellard و Grimble، ۱۹۹۷؛ Kolahi و همکاران، ۲۰۱۲؛ Crawford و همکاران، ۲۰۱۷؛ Ford و همکاران، ۲۰۲۰). باتوجه به مفهوم حکم‌روایی آب، زیستگاه‌های طبیعی و مسائل محیط‌زیستی، برگردان‌های فوق مناسب رشته‌های آب، منابع طبیعی و محیط‌زیست نبوده، بلکه در این مقاله تاکید بر معرفی واژه پارسی «گرودار» است. برای بررسی دقیق‌تر این پیشنهاد، ابتدا توضیحاتی چند تا از فرهنگ‌لغت‌های معروف انگلیسی به انگلیسی در مورد واژه Stakeholder مرور می‌شود (جدول ۱).

حکم‌روایی منابع طبیعی<sup>۱</sup> مفهومی است که به مدیریت و همچنین ساختارها و فرایندهای اجرایی منابع طبیعی پرداخته و نوع و کیفیت رفتارهای قابل قبول را در زمان و مکان مشخص تعیین می‌کند (حسینی و نوروزی، ۱۳۹۵). حکم‌روایی (حکم‌رانی یا نظام تدبیر)، با ایجاد سازوکاری برای تصمیم‌سازی، اولویت‌بندی، تصمیم‌گیری، پیاده‌سازی و پایش دائمی تصمیم‌ها (Habitat، ۲۰۰۶)، نقش مهمی در پایداری اجتماعی-محیط‌زیستی جوامع انسانی و طبیعی ایفا می‌کند. حکم‌روایی برخلاف حاکمیت<sup>۲</sup> به‌عنوان قدرت مطلق فرمانروایی (شریف‌زاده و قلی‌پور، ۱۳۸۲) و برخلاف مدیریت به‌عنوان فرایند به‌کارگیری منابع و هنر انجام کارها توسط دیگران (Worboys و همکاران، ۲۰۱۵)، چارچوبی ارزشی میان افراد و نهادها برای دستیابی به اهداف، برنامه‌ها و منافع مشترک است (شریف‌زاده اقدم و همکاران، ۱۳۹۷).

در سال‌های اخیر، اصطلاحات جدیدتری همچون حکم‌روایی خوب<sup>۳</sup>، مدیریت مشارکتی<sup>۴</sup> و همچنین مدیریت مشارکتی-تطبیقی<sup>۵</sup> منابع طبیعی معرفی شدند که بیانگر فهرستی از ویژگی‌های پسندیده و نگرانی‌های هنجاری مرتبط هستند (Grindle، ۲۰۱۲). آنها به‌جای نسخه‌پیچی و اعمال ساختاری ایستا، برابندی پویا بوده و تعامل اجتماعی-نهادی-محیطی کلیه افراد و نهادهای درگیر را نمایان می‌سازند (Armitage و همکاران، ۲۰۱۰). حکم‌روایی کنونی منابع طبیعی کشور با چالش‌های زیادی روبه‌رو است. فقدان نهادی قوی، بودجه و نیروی انسانی ناکافی، قوانین حجیم، مبهم و با حمایت کمتر در اجرا، و به‌ویژه مشکلات و تعارضات اجتماعی، اقتصادی، حقوقی، قانونی، سیاسی، ظرفیتی، داده‌ای، اطلاعاتی، و نهادی (کلاهی، ۱۳۹۸؛ Kolahi و همکاران، ۲۰۱۲؛ ۲۰۱۳؛ ۲۰۱۴a؛ ۲۰۱۴b) همگی سبب پیچیدگی‌های زیادی در موفقیت مدیریت و حفاظت از منابع طبیعی شده‌اند (کلاهی، ۱۳۹۹). به هر حال، برای حکم‌روایی خوب، مدیریت مشارکتی و مدیریت مشارکتی-تطبیقی منابع طبیعی، مجموعه‌ای از شاخص‌های مختلفی معرفی شده‌اند که شاخص مشارکت جز مهمترین شاخص‌ها بوده و در کلیه گزارشات، مشترک می‌باشد (پایسته، ۱۳۹۸).

در سال‌های اخیر، رویکرد مشارکت به‌عنوان مهم‌ترین رویکرد ضروری و مورد نیاز مدیریت مسائل و مشکلات منابع طبیعی (آب، زیستگاه‌های طبیعی و مسائل محیط‌زیستی) کشور معرفی شده است (کلاهی، ۱۳۹۸). تعداد زیاد سخنانی‌ها و نوشتارها در این زمینه، این ضرورت را به‌خوبی هشدار داده و تبیین نموده است. برای اجرا و تقویت مشارکت در مدیریت

جدول ۱- برخی از تعاریف واژه Stakeholder در چند فرهنگ لغت مطرح انگلیسی به انگلیسی

| Dictionaries                      | Definitions of Stakeholder                                                                                                                                                                                                                     | ترجمه معانی                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Oxford (۲۰۲۰)                     | A person [or a type of organization or system] with an interest or concern in something, especially a business                                                                                                                                 | فردی {یا سازمانی یا نهادی} علاقه‌مند یا نگران نسبت به چیزی، به ویژه به یک کسب‌وکار.                                                                                                                                   |
| Cambridge Business English (۲۰۲۰) | a person or group of people who own a share in a business; a person such as an employee, customer, or citizen who is involved with an organization, society, etc. and therefore has responsibilities towards it and an interest in its success | هر فرد یا گروهی از افراد که در کسب‌وکاری سهیم است؛ فردی مانند مشتری، کارمند یا شهروند که در سازمانی، جامعه‌ای یا هر نهاد دیگری درگیر بوده و بنابراین در قبال آن نهاد مسئولیت‌هایی دارد و به موفقیت آن، علاقه‌مند است. |
| Merriam-Webster (۲۰۲۰)            | One that has a stake in an enterprise; one who is involved in or affected by a course of action                                                                                                                                                | سهام‌دار یک شرکت؛ کسی که درگیر مجموعه‌ای از کنش‌ها بوده یا از آنها تاثیر می‌پذیرد.                                                                                                                                    |
| Longman (۲۰۲۰)                    | Someone who has invested money into something, or who has some important connection with it, and therefore is affected by its success or failure                                                                                               | فردی که در چیزی سرمایه‌گذاری کرده یا ارتباط قوی با آن دارد و در نتیجه تحت تاثیر شکست یا موفقیت آن قرار می‌گیرد.                                                                                                       |

است، به دو دلیل، مناسب‌ترین برگردان برای واژه Stake، همانا «گرو» پیشنهاد می‌شود:

(۱) طبق تعاریف، واژه Stakeholder دربرگیرنده افرادی است که سهم یا دغدغه‌ای در چیزی دارند. در اینجا معادل گرودار را به کار برده می‌شود. زیرا در اصل، «گرو» هم دارای بُعد مادی بوده و هم دارای بُعد معنوی یا حسی است. مثلاً از نظر بُعد مادی، فردی «سند خانه» خود را به‌عنوان «گرو» در اختیار دیگری قرار می‌دهد. از نظر بُعد معنوی/حسی، مثلاً مجنون «دل» در گروی لیلی داشت. یعنی واژه گرو، می‌تواند شامل هم سخت‌افزار شود و هم نرم‌افزار. این توانایی واژه «گرو» برای پوشانیدن چنین گستره بزرگی از موضوعات، آنرا مناسب‌ترین برگردان برای واژه Stake می‌کند. پس باید نوشت که آب، زیستگاه‌های طبیعی و مسائل محیط‌زیستی جز گروهای هستند که در اختیار کسانی می‌باشند که برخی دیگر ممکن است حتی بدون تملک، در مورد آنها علاقه یا دغدغه‌ای داشته باشند.

(۲) در مفهوم واژه انگلیسی Stake و معادل فارسی آن یعنی گرو، دو مفهوم وثیقه و شرط کاملاً مشهود است. به عبارت دیگر، می‌توان بیان کرد گرو وثیقه‌ای است که با شرط و شروطی در اختیار گذاشته می‌شود. با دقت شدن در مفهوم و کاربرد آب، زیستگاه‌های طبیعی و مسائل محیط‌زیستی، چنین دریافت می‌شود که اینها می‌توانند فقط از آن یک نفر باشند. زیرا در صورتی که مالکیت فردی و انحصاری روی مثلاً آب وجود داشته باشد، به مفهوم آن است که دیگران حق استفاده از آب را ندارند. دسترسی به آب سالم یکی مواد از حقوق بشر است. عدم دسترسی به آب، تشنگی و سپس مرگ را به همراه دارد. پس باید نتیجه گرفت که آب، زیستگاه‌های طبیعی و مسائل محیط‌زیستی، به‌عنوان «گرو» در اختیار افرادی قرار می‌گیرند که مسئولیت نگهداشت آنها را قبول کرده‌اند و مجوز

آنچه از بررسی فرهنگ‌لغت‌های ذکر شده در جدول (۱) به‌دست می‌آید این است که Stakeholder، فرد، گروه یا نهادی است که در موضوع یا فعلی سهیم بوده، علاقه دارد یا نگران تاثیر تغییرات در آن است. به عبارت دیگر، فرد یا گروه یا نهادی است که علاقه یا سهم یا تاثیری از یا بر فعالیت یا پدیده‌ای در وضعیت جاری یا در حال اجرا یا در آینده دارد. با این توضیح، می‌توان درک کرد که برای هر موضوع مورد بحثی، به هر حجمی از افراد، گروه‌ها یا نهادهای مرتبط، می‌توان عنوان Stakeholder را در نظر گرفت.

واژه Stakeholder از ترکیب دو واژه یعنی Stake و Holder تشکیل شده است. فرهنگ لغت آریانپور، به‌عنوان یکی از کامل‌ترین و جامع‌ترین فرهنگ‌لغت‌های انگلیسی به فارسی، برای واژه Stake، معنایهایی همچون گرو و شرط و برای واژه Holder، معنای «دارنده، نگاه‌دارنده، گیرنده، و اشغال‌کننده» را ارائه داده است. در همین راستا، فرهنگ لغت دهخدا واژه «گرو» را «پول یا مال یا چیزی دیگر که قرض‌گیرنده نزد قرض‌دهنده گذارد تا پس از ادای قرض (یا اجرای تکالیف) مسترد شود» و هم‌چنین «رهن» معرفی می‌کند. فرهنگ فارسی معین، معادل‌های «رهن» و «شرط» را پیشنهاد کرده و در نهایت، فرهنگ فارسی عمید معادل‌هایی چون «چیزی که در نزد کسی بگذارند و در حدود ارزش آن پول قرض کنند به این شرط که هر گاه پول را دادند آن را پس بگیرند» «گروگان» یا «شرط‌بندی» را مفهوم‌سازی می‌نماید. شاعران بزرگ نیز از واژه «گرو» استفاده کرده‌اند همچون سعدی (دلم به عشق گرفتار و جان بهر گرو/دراآمد از دم آن دلفروز جان آرام)، مولوی (هین مکن خود را خصی رهبان مشو/زانکه عفت هست شهوت را گرو) و خاقانی (هفت دریا گرو چشم من است/من یتیمم به بیابان چه کنم). باتوجه‌به موضوع این مقاله که در زمینه آب، زیستگاه‌های طبیعی و مسائل محیط‌زیستی

داشتن این گروه‌ها را دریافت نموده‌اند. به‌عنوان مثال، فرد کشاورزی که چاه آب دارد نمی‌تواند به استناد داشتن سند چاه، نسبت به کمیت یا کیفیت آب چاه بی‌تفاوت بوده یا به آنها آسیب بزند. یا فرد مرتع‌داری که مرتع وسیعی در اختیار دارد، نمی‌تواند به استناد داشتن پروانه و طرح مرتع‌داری، هر بلایی که بخواهد سر مرتع بیاورد. اینها، امانت‌دارانی هستند که آن چاه آب و مرتع را به‌عنوان وثیقه و امانت در اختیار گرفته‌اند و طبق شرط و شروطی، نسبت به نسل کنونی و آینده، مسؤول و پاسخگو هستند. در این زمینه، Freeman (۲۰۰۱) تلاش کرد تا با ارائه «نظریه گرداران»، توجه را به شکل‌گیری و تعریف دو موضوع اجتماعی یعنی اخلاق کسب‌وکار و هم‌چنین مسئولیت‌پذیری اجتماعی شرکت‌ها جلب کند. در نتیجه، مناسب‌ترین برگردان فارسی برای واژه Stakeholder، «دارنده‌گرو» یا همان «گرودار» است.

لازم به توضیح است معادل «گروگذار» برای واژه Stakeholder، مناسب نیست زیرا این واژه، از طرفی، به‌علت «منابع مشترک» بودن آب، اکوسیستم‌های طبیعی و محیط‌زیست (Hardin، ۱۹۶۸)، انحصاراً در اختیار کسی نمی‌تواند باشند و آنها باید به‌صورت مشترک و عمومی استفاده شوند. از طرف دیگر، واژه گروگذار، به‌ویژه مسئولیت‌پذیری درون و بین‌نسلی حاصل از امانت‌داری آب، زیستگاه‌های طبیعی و مسائل محیط‌زیستی را برجسته نمی‌کند. بلکه نوعی برتری نسبی منت‌وار فرد یا نهاد گذارنده گرو را القا می‌کند. در نهایت اینکه، واژه گروگذار آن بسط و جامعیتی که واژه گرودار دارد را شامل نمی‌شود. در نتیجه، به‌کارگیری معادل گروگذار نادرست است. واژه «نقش‌آفرینان» نیز نمی‌تواند معادلی مناسب باشد زیرا گرداران، نقشی نمی‌آفرینند که به آنها نقش‌آفرینان گفته شود. همین تذکر برای واژه «نقش‌داران» نیز رواست، زیرا همه گرداران، دارنده «نقش» نیستند؛ آنها ممکن است فقط علاقه داشته باشند. معادل‌های دیگری نیز برخی از ترجمه‌کنندگان استفاده می‌کنند که به احتمال قوی نمی‌توانند به اندازه واژه گرداران، بار معنایی داشته باشند. بنابراین باید بیان کرد که گرداران در بین مردم محلی، به مالک یا اختیاردار و تصمیم‌گیر گفته می‌شود. گرداران در بین معلمان و فرهنگیان، به کسی گفته می‌شود که نسبت به کسی یا چیزی تعهدی داشته باشد. در بین کارمندان بانک به مفهوم سپرده‌گذاری و سرمایه‌گذاری با صرف هزینه است. همچنین گرداران در جمع‌های بازاریابی به شش گروه اصلی یعنی مشتریان، تامین‌کنندگان، کارکنان، سهام‌داران، تنظیم‌کننده‌ها و جامعه محلی مربوط می‌شود (Gaur، ۲۰۱۳). این موضوع، اهمیت پردازش هر واژه در تخصص مربوطه را برجسته می‌سازد. واژه گرداران امروزه در تعدادی از منابع علمی محدود همچون درودیان (۱۳۹۶)، داورانی (۱۳۹۶)، نوشین فر (۱۳۹۶) و طاهری تیزرو و همکاران (۱۳۹۷) برای معادل انگلیسی Stakeholder

به‌کار رفته است. به‌عنوان نمونه، درودیان (۱۳۹۶) با اشاره به اینکه گرداران آب، یا مالک حقابه یا خریدار آب، یا بهره‌بردار، تصمیم‌گیر و شاید هم پیمانکار و خدمات‌دهنده حوزه آب هستند، آنان را بیشتر کسانی در نظر گرفته که روی پروژه اثرگذار بوده یا از آن اثرپذیر هستند. عبارت تحت تاثیر قرار گرفتن یا قرار دادن، نشان‌دهنده دربرگیری افراد خارج از مجموعه است که می‌توانند خود را به‌عنوان یک گرودار در نظر بگیرند حتی وقتی که آن مجموعه نسبت به چنین افرادی بی‌توجه بوده یا حتی آنها را قبول نداشته باشد (Freeman، ۲۰۰۱). در نتیجه، گرودار آب، همان فرد، گروه یا سازمانی است که علاقه و یا سهمی در موضوع آب دارد و ممکن است به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم تحت تاثیر سیاست آب قرار گرفته و یا توانایی تاثیرگذاری مثبت یا منفی بر نتیجه را داشته باشد. بنابراین، گرداران، روی چشم‌انداز، مأموریت‌ها، اهداف، اقدامات و سیاست‌های مرتبط با گرو تاثیر می‌گذارند یا از آنها و دستاوردها و خروجی‌هایشان تاثیر می‌گیرند؛ همچنین انتظارات و ادعاهایی دارند و ممکن است به‌وسیله اهرم‌های مختلف، آنها را اعمال کنند (Hitt و همکاران ۲۰۱۰). به بیانی ساده‌تر، گرداران آب به کلیه افراد، گروه‌ها یا نهادهایی اطلاق می‌شود که زندگی، معیشت، سهم، کار یا دغدغه و علاقه آنان با آب گره خورده است و مستقیم یا غیرمستقیم تاثیرپذیرند یا تاثیرگذارند.

لازم به ذکر است که در بیشتر مقاله‌ها، کتاب‌ها یا ترجمه‌ها، از کلمه ذی‌نفعان<sup>۶</sup> برای معادل انگلیسی واژه Stakeholder استفاده می‌شود. به سه دلیل این اطلاق می‌تواند باعث عدم درک درست از این واژه انگلیسی شود:

- اول اینکه، ذی‌نفعان، جزو گرداران هستند و گرداران فهرستی فراتر از آنان را دربرمی‌گیرد (Hyder و همکاران، ۲۰۱۰؛ Decker و همکاران، ۲۰۱۵). ذی‌نفع بیانگر منفعت و سود یا ضرر و زیان است. به عبارت دیگر، ذی‌نفع کسی است که حیات‌اش به «گرو» ربط دارد. یعنی اگر کیفیت گرو افزایش یابد، مستقیماً نفع می‌برد و یا برعکس. اگر آسیبی به گرو وارد شود، او فردی است که مستقیماً ضرر می‌کند. پس ذی‌نفع، به دلیل اولویت تداوم زندگی اجتماعی‌اش، نقش، اهمیت و جایگاه بسیار بالایی در بین سایر گرداران دارد. به همین دلیل، اگر لازم باشد مدیریت مشارکتی اعمال شود، محور و ستون مشارکت، ذی‌نفعان هستند. البته همین جا پیشنهاد می‌شود تا از معادل فارسی «بهره‌برداران»، بجای واژه عربی «ذی‌نفعان» استفاده شود.

- دوم اینکه بسیاری از افراد یا نهادهایی که جز Stakeholder هستند نفعی برای خود از روابط مثلاً آب نمی‌برند، ولی شغل یا دغدغه و اندیشه آنان ایجاب می‌کند که درباره آب نظر دهند و در تصمیم‌سازی یا تصمیم‌گیری موثر باشند. به‌عنوان مثال، کارمند اداره آب که نفع مستقیمی از تصمیمات مربوط به آب نمی‌برد، اما درگیر این مسائل است؛ چون شغل ایشان ایجاب می‌کند.

باید بیان کرد، شناسایی همه انواع گروداران منابع طبیعی آسان نیست (Kijazi, ۲۰۰۷؛ Prell و همکاران، ۲۰۰۹؛ Reed و همکاران، ۲۰۰۹). همین امر باعث شده است که اکثراً در شناسایی و تحلیل گروداران، از کسانی که اطراف خودمان نیستند، غفلت صورت گیرد. پس باید متذکر شد که همه گروداران به‌سادگی به چشم نمی‌آیند. در کل، گروداران را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم کرد: بهره‌برداران (ذی‌نفعان) و غیربهره‌برداران (غیرذی‌نفعان)<sup>۱۲</sup>. جدول (۲)، فهرستی از کلیه گروداران منابع طبیعی را نمایش می‌دهد و انواع غیربهره‌برداران مرتبط با موضوعات آب، زیستگاه‌های طبیعی و مسائل محیط‌زیستی را نیز نام برده و تشریح می‌کند. تمام گروه‌های گروداران را می‌توان به انواع کوچک‌تری نیز تقسیم کرد. به‌عنوان مثال، نهادهای دولتی/حکومتی می‌توانند به وزارتخانه‌های مختلف، مجلس، قوه قضاییه و یا غیره تقسیم شوند. مزیت دسته‌بندی‌های دقیق‌تر این است که به فهرست بسیار دقیق‌تری از اسامی گروداران مختلف می‌رسیم. نکته منفی می‌تواند آن باشد که احتمال همپوشانی منافع و اقدامات بین این گروداران افزایش می‌یابد و حتی مهمتر از آن، به‌علت هزینه‌های اجرایی، شاید برای موفقیت در مشارکت گروداران، به این حجم از جزئیات نیاز نباشد. در نتیجه باید در شناسایی گروداران، به اولویت‌های مورد نیاز بیشتر دقت شود.

یک تفاوت اساسی بین بهره‌بردار (یا بهره‌بر) و بهره‌ور<sup>۱۳</sup> وجود دارد. بهره‌بردار کسی است که شغل و زندگی‌اش وابسته به گرو است. او تلاش می‌کند تا بتواند با برداشتن بهره از عرصه، زمینه درآمدزایی و تدوام معیشت خود را رقم بزند. پس موفقیت در پایداری کمیت و کیفیت گرو حال می‌خواهد آب باشد یا زیستگاه‌های طبیعی یا محیط‌زیست، بستگی به موفقیت در خودکفایی زیستی او دارد. یک بهره‌بردار مرتع (مرتعدار) سعی می‌کند با مدیریت چرا، کمیت و کیفیت مرتع را برای سالیان سال داشته باشد. یعنی اگر آسیبی به مرتع وارد شود، او تنها کسی است که مستقیماً ضرر می‌کند. ولی بهره‌ور کسی است که مستقیماً از خود گرو، بهره‌ای برداشت نمی‌کند اما به‌علت وجود آن گرو، غیرمستقیم از مواهب آن، به بهره‌هایی نائل می‌شود. مثلاً رستورانی که در کنار مرتع و چشم‌انداز زیبایی تاسیس شده و در اثر ارائه خدمات به گردش‌گران، کسب درآمد دارد. تفاوت آشکار بهره‌بردار با بهره‌ور در این است که اگر آن مرتع، نابود یا تغییر کاربری دهد، مرتعدار مجبور به مهاجرت زیستی یا مکانی شده یا کارمزدوری می‌شود. اما اگر تغییر کاربری مرتع مثلاً به توسعه مجتمع‌ای مسکونی منجر شود، ممکن است برای بهره‌ور حتی شرایط کسب منفعت افزایش یابد.

گاهی در مطالعات، از اصطلاح «گروداران کلیدی»<sup>۱۴</sup> استفاده می‌شود. این تفکیک مواقعی صورت می‌گیرد که شناسایی کلیه گروداران مشکل است؛ زمان و هزینه برای بسط شناسایی گروداران

حتی اگر خشک‌سالی شود و کلیه چاه‌های کشاورزی منطقه هم خشک شوند، ممکن است بر شغل ایشان تأثیر چندانی نداشته باشد. زیرا حقوق خود را، فارغ از دوران ترسالی یا خشک‌سالی، همیشه از اداره دریافت می‌کند. می‌توان تأکید کرد که مسئولان اداری، نوعی بازیگر<sup>۱۵</sup> یا عامل<sup>۱۶</sup> هستند و نقشی که به آنها داده شده را بازی می‌کنند: مثلاً در نقش کارمند، کارشناس و مدیر یا وزیر. برای آنها پیروی از دستورالعمل‌های سازمان یا نهاد در اولویت است. پس تا آنجا در امور دخیل هستند که این نقش از آنها خواسته شده است تا بازیگری کنند. مثال دیگر اینکه محقق، دانشمند و یا کنش‌گر محیط‌زیستی<sup>۱۷</sup> که تحولات و مالکیت و همچنین تصمیم‌های آب ممکن است، حتی به‌علت بُعد مسافت، مثلاً نفع مستقیم یا غیرمستقیمی برای شغل یا زندگی شخصی او نداشته باشد ولی دغدغه دارد تا تجربیات و دانسته‌های علمی خود که صلاح جامعه را تأمین می‌کند منتشر نماید، اینها گروه علاقمندان را می‌سازند. کنش‌گر کسی می‌باشد که ممکن است از موضوعی منفعت و سود نبرد، حتی گاهی با ضرر و زیان مواجه شود، اما به‌علت تحول‌خواهی، به تلاشی خودجوش و ابتکارگرا می‌پردازد تا بتواند فعالانه برای جامعه از نظر توسعه اجتماعی-زیستی، آینده‌سازی کند. فعالان منابع طبیعی و محیط‌زیست و سازمان‌های مردم‌نهاد (سمن‌های) محیط‌زیستی<sup>۱۸</sup>، مثال مناسبی از گرودار کنش‌گر هستند که در این راه، حتی هزینه‌های مالی و جانی زیادی را هم متحمل شده‌اند. با این وجود، چنین فرد یا نهادهای جز گروداران است اما نمی‌تواند جز ذی‌نفعان باشد (Uddin و Belal, ۲۰۱۹).

• سوم گروداران با ریشه پارسی، بر واژگان دیگر هم معنی که بیشتر عربی هستند، برتری دارد.

در برخی از ادبیات علمی، مشابه واژه انگلیسی Stakeholder، دو واژه مدیریتی دیگر یعنی Stockholder و Shareholder نیز استفاده می‌شوند. این واژگان با وجود مشابهت ظاهری، تفاوت معنایی با هم دارند که هر از گاهی به اشتباه، به‌جای یکدیگر استفاده می‌شوند. مثلاً در موضوع بازاریابی، Stakeholder شامل صاحبان سهام، کارکنان، مشتریان، شرکت‌های تبلیغاتی، زنجیره توزیع، تأمین‌کنندگان مواد اولیه و غیره است. درحالی‌که Stockholder به مفهوم «سهام‌داران» یا «صاحبان سهام» هستند و کسانی می‌باشند که در مالکیت سازمان و یا شرکت سهیم هستند، بخشی از سهام آن را دارند و به عبارتی در آن سرمایه‌گذاری کرده‌اند. این واژه در بنگاه‌های اقتصادی و سرمایه‌گذاری معمولاً به‌جای واژه‌های «Investors»، «Shareholders»، و «Owners» نیز به‌کار می‌رود (Kaler, ۲۰۰۳؛ Boatright, ۲۰۰۶؛ Charron, ۲۰۰۷). از آنجایی که در زیستگاه‌های طبیعی، بخش خصوصی فعال نیست، به‌کاربردن این واژگان به‌ویژه واژه «سهام‌داران»، در حمایت، مدیریت و حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی، فعلاً جایگاهی ندارند.



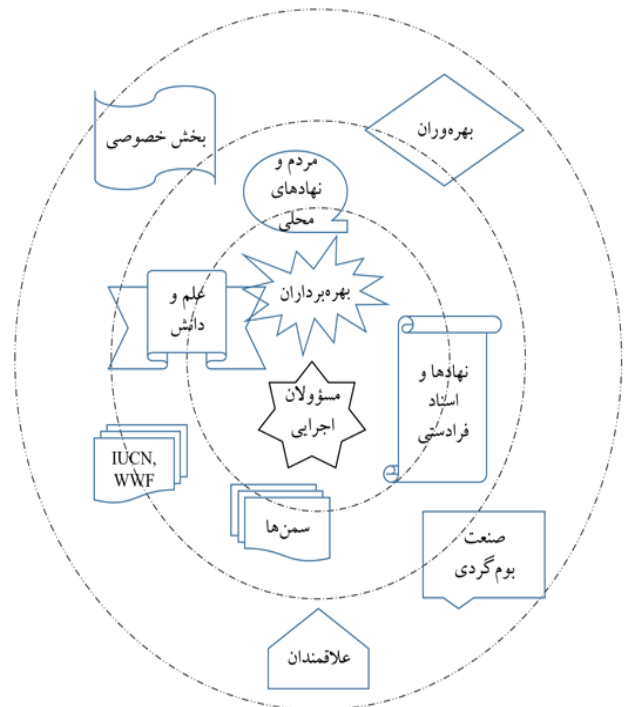
محدود است؛ ویژگی‌های خاص موضوع مورد مطالعه چنین ایجاب می‌کند؛ و یا همین افراد یا نهادهای کلیدی برای کاربردی بودن بحث کفایت کنند. در همین زمینه، Gaur (۲۰۱۳) گروه‌داران کلیدی هر کسب‌وکاری را همانا اعتباردهندگان، مدیران، کارکنان، دولت (و نمایندگان‌های آن)، صاحبان (سهام‌داران)، تامین‌کنندگان، اتحادیه‌ها و جامعه‌ای که کسب‌وکار منابع خود را جذب می‌کند، برمی‌شمرد.

به اعتقاد ایشان، همه سهام‌داران برابر نیستند. مثلاً مشتریان شرکت حق دارند به شیوه‌های تجاری منصفانه دست یابند، اما آنها مجاز به دسترسی به حساب کارکنان شرکت نیستند. با این توضیح، می‌توان تصدیق کرد در شناسایی گروه‌داران منابع طبیعی، باید ابتدا اهداف بررسی مشخص شوند. سپس با انجام تحلیل گروه‌داران، گروه‌داران کلیدی مشخص خواهند شد.

جدول ۲- فهرست گروه‌داران منابع طبیعی (آب، زیستگاه‌های طبیعی و مسائل محیط‌زیستی)

| معادل انگلیسی                         | معادل فارسی                                                                | شرح                                                                                         | مثال از گروه‌دار (مثلاً برای گروه مرتع)                                    |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Beneficiaries (consumers)             | بهره‌بردار، بهره‌بر، مصرف‌کننده (معادل عربی ذی‌نفع، ذی‌حق، ذی‌دخل، ذی‌ضرر) | گروه‌داری که مستقیم، نفع یا ضرر می‌برد. بود و نبود «گروه»، به بود و نبود زندگیش وابسته است. | مرتج‌دار (اگر مرتع مناسب نداشته باشند، معیشتش دشوار است)؛ تعاونی مرتج‌داری |
| Users                                 | بهره‌ور، کاربر                                                             | گروه‌داری که غیرمستقیم از گروه نفع می‌برد.                                                  | رستورانی کنار مرتع که در اثر ارائه خدمات به گردش‌گران، کسب درآمد دارد.     |
| Authority (Practitioner)              | مسئول اجرایی، دست‌اندرکار، مدیر، کارشناس اداره، ذی‌ربط                     | سازمان دولتی مسئول                                                                          | سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری                                          |
| National or political actors          | مسئولان فرادست، نهادهای دولتی و حکومتی موثر، ذی‌مدخل                       | نهادهای دولتی و حکومتی موثر فرادست، دخیل یا دخالت‌کننده در کمیت یا کیفیت گروه یا مدیریت آن  | وزارت جهادکشاورزی؛ سازمان برنامه و بودجه؛ مجلس؛ قوه قضاییه؛ نیروی انتظامی  |
| Scientists and researchers            | متخصصان، پژوهش‌گران، دانشمندان و دانشگاہیان                                | پژوهش‌گری که در مورد گروه پژوهش می‌کند.                                                     | دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه فردوسی مشهد                        |
| Commercial/ private for-profit actors | افراد، نهادهای یا سازمان‌های خصوصی، سرمایه‌گذاران منطقه‌ای                 | گروه‌دار خصوصی که نسبت به گروه، علاقه یا دغدغه دارد.                                        | صنایع و معادن اطراف مرتع؛ تولیدکننده زغال؛ بانک؛ مهندسان مشاور             |
| Proactivist/ non-profit organizations | کنش‌گران، اینثارگران                                                       | فعالان محیط‌زیستی؛ سازمان‌های مردم‌نهاد منابع طبیعی و محیط‌زیستی                            | انجمن ملی توان‌افزایان زندگی سبز (اتازیس)                                  |
| Civil society member/ local actors    | شهروندان؛ جوامع و تشکلهای محلی                                             | روستائیان؛ نهادهای مردمی محلی که سایر امور مردم محل را رفع یا تسهیل می‌کنند.                | کشاورزان؛ مردم محلی، تعاونی روستایی                                        |
| International actors                  | افراد و تشکلهای بین‌المللی                                                 | افراد و نهادهای فرا-ملی که در امور و مسائل زیستگاه‌های طبیعی فعال‌اند.                      | IUCN, WWF                                                                  |
| Ecotourism industry                   | صنعت بوم‌گردی (اکوتوریسم)                                                  | گردش‌گری طبیعت‌محور یا بوم‌محور که بابت بازدید، به طبیعت و مردم محلی سود می‌رساند.          | بوم‌گرد (اکوتوریست)؛ گردش‌گران؛ شرکت‌های بوم‌گردی؛ ستاره‌شناسان            |
| Embracer other interest (Parties)     | علاقه‌مندان، ذی‌علاقه                                                      | سایر گروه‌دارانی که به نحوی سهم، رسالت، علاقه، دغدغه یا حتی مخالفت دارند.                   | خرنگاران منابع طبیعی و محیط‌زیستی؛ خیرین؛ کوه‌نوردان، قاچاقچیان            |





شکل ۱- اهمیت و جایگاه گروه‌داران منابع طبیعی

در شکل (۱)، اهمیت و جایگاه تقریبی گروه‌داران منابع طبیعی ارائه شده است. برای هر گروه‌دار از شکل مختلفی استفاده شده است تا سادگی یا پیچیدگی، گویایی یا ابهامی، انسجام یا گسیختگی، راحتی یا سختی، و بالقوه یا بالفعل بودن آن گروه‌دار را مشخص سازد. برای پیش بردن اهداف مدیریت مشارکتی، اولویت اصلی همانا تمرکز بر بهره‌برداران و مسئولان اجرایی است. زیرا آنها، جز گروه‌داران کلیدی هستند. از آنجایی که

بهره‌برداران از رویکرد مشخص و منسجمی برخوردار نیستند و در مقابل، کارهای روزمره بخش اجرایی که گاهی تناسبی با اولویت‌های بهره‌برداران ندارد، امکان نزدیکی و همکاری این دو مجموعه، به سادگی میسر نیست. پس این دو مجموعه باید تمام و کامل با یکدیگر و براساس اصول مذاکره و حل تعارضات، به یک درک و تفهیم مشترک از همکاری و مشارکت برسند (جنتی چنار و همکاران، ۱۳۹۹). تاکید می‌شود که تصمیم‌گیرندگان اصلی، بهره‌برداران و مسئولان اجرایی هستند. در گام بعدی، آن دو مجموعه، نیاز دارند تا اسناد فرادستی، یافته‌ها، ادعاها، خواسته‌ها و انتظارات نهادهای مختلف فرادستی، متخصصان، محلی‌ها و سمن‌ها و همچنین دستورالعمل‌های بین‌المللی را در نظر گرفته و در جلسات مشترکی به همگرایی و یاریگری با این مجموعه‌های جدید برسند. هر چند ادغام‌شدگان جاری، بیشتر توانایی تصمیم‌گیری در سطح کلان موضوع را دارند اما در سطح خرد نیز، بسیار موثر هستند. پس می‌تواند بخش بزرگی از تصمیم‌سازی‌ها در این مرحله انجام شوند. از طرف دیگر، در آخرین لایه، باید موضوعات و خواسته‌های سایر گروه‌داران حاشیه‌ای یعنی بهره‌وران و بخش‌های خصوصی و گردشگری را برای تداوم پایداری و جهت تقویت و توانمندسازی درونی و بیرون سازمانی، به ابعاد مختلف مشارکت و همکاری خود اضافه نمایند. ترکیب جاری می‌تواند پیشنهادهایی برای لحاظ کردن در تصمیم‌سازی‌ها ارائه دهد و همچنین در پایداری اقتصادی و نیز تبلیغات و بازاریابی سهیم باشد. در نهایت، این تعامل لایه‌های مختلف گروه‌داران است که به موفقیت مدیریت، حمایت و حفاظت منابع آب، زیستگاه‌های طبیعی و مسائل محیط‌زیستی می‌انجامد.

(۲۰۱۰)، و همچنین Welp و Stoll-Kleemann (۲۰۰۷) مراجعه شود. برای هرگونه تغییر و تحول آینده‌ساز، نیاز است، تحلیل گروه‌داران صورت گیرد.

در ادامه لازم است، به کمک مدل‌های تحلیل محیطی، شرایط و پارامترهای مختلف وضعیت جاری توسط گروه‌داران تحلیل شده، پایش و ارزیابی شوند. این تحلیل می‌تواند توسط ابزارها و مدل‌هایی همچون ابزار PRA<sup>۱۶</sup>، مدل PESTEL<sup>۱۷</sup>، مدل SWOT<sup>۱۸</sup>، مدل DPSIR<sup>۱۹</sup>، و مدل SOAR<sup>۲۰</sup> صورت گیرند. برای ارتقای مشارکت گروه‌داران، ضروری است، باتوجه‌به اهداف، موقعیت مکانی-سیاسی و همچنین ویژگی‌های هر کدام از گروه‌داران، ابزار مناسبی را برای تقویت مدیریت مشارکتی به کار برد که جدول (۳) به‌طور خلاصه آنها را شرح داده است.

#### تحلیل گروه‌داران، تحلیل محیطی و مشارکت گروه‌داران

روش‌های متفاوتی برای شناسایی، تمایز و تحلیل گروه‌داران وجود دارد. از جمله این روش‌ها می‌توان به مدل میچل و همکاران (Mitchell و همکاران، ۱۹۹۷)، مدل بانک جهانی (Rietbergen-McCracken و همکاران، ۱۹۹۸)، مدل Elias و همکاران (۲۰۰۲)، مدل Friedman و Miles (۲۰۰۶)، مدل Vos و Achterkamp (۲۰۰۶)، مدل Wu (۲۰۰۷)، مدل Chen و Sackett (۲۰۰۷)، مدل Johnson و همکاران (۲۰۰۸)، مدل Jepsen و Eskerod (۲۰۰۹)، مدل Freeman و همکاران (۲۰۱۰)، و مدل Nysten-Haarala (۲۰۱۳) اشاره کرد. برای مدل‌ها و روش‌های بیشتر، به نوشتارهای Cuppen (۲۰۱۶)، Orr (۲۰۱۳)، و Freeman

جدول ۳- ابزارهای ارتقای مشارکت گروه‌داران (سالاریان، ۱۳۹۸)

| روش / ابزار                | آگاهی | مشاوره | واردکار شدن | مشارکت | توانمندسازی |
|----------------------------|-------|--------|-------------|--------|-------------|
| Community fairs            | *     |        |             |        |             |
| Key stakeholder interviews | *     | *      |             |        |             |
| Focus groups               | *     | *      |             |        |             |
| Civic journalism           | *     | *      |             |        |             |
| Interactive TV             | *     | *      |             |        |             |
| Snowball sampling          | *     | *      |             |        |             |
| Photo voice                | *     | *      |             |        |             |
| Fishbowl                   | *     | *      | *           |        |             |
| MODSS                      | *     | *      | *           | *      | *           |
| Public meeting             | *     | *      | *           | *      | *           |
| Delphi study               | *     | *      | *           | *      | *           |
| Brainstorming              | *     | *      | *           | *      | *           |
| Visioning                  | *     | *      | *           | *      | *           |
| Workshops                  | *     | *      | *           | *      | *           |
| Expert panel               | *     | *      | *           | *      | *           |
| Mind maps                  | *     | *      | *           | *      | *           |
| Samoan circles             | *     | *      | *           | *      | *           |

## بحث و نتیجه‌گیری

لازمه مدیریت مشارکتی-تطبیقی در هر موضوعی، شناخت افراد و نهادهای مرتبط است. در این بین، واژگان مختلفی برای تفکیک آنها از یکدیگر همچون ذی‌نفعان، دست‌اندرکاران، مسؤولان، ذی‌مدخلان، ذی‌ربطان، ذی‌حقان، بهره‌بران، بهره‌برداران، بهره‌وران، بازیگران، کنش‌گران، خیرین، و علاقمندان به کار گرفته می‌شوند. این پژوهش با روش تحلیلی-توصیفی، به واکاوی عناوین فوق پرداخته و به جامعیت عنوان گروه‌داران و انواع آن می‌پردازد. زیرا معتقد است که درک نادرست یا محدود از واژه گروه‌داران منابع طبیعی، به تنهایی برای شکست طرح‌ها یا نابودی منابع طبیعی کافی است. بحث تحلیل گروه‌داران از این جهت مهم است که امروزه ایجاد موازنه بین نیازها، خواسته‌ها و انتظارات متفاوت گروه‌داران مختلف، بیش از هر زمان دیگری اهمیت یافته و پیچیدگی‌های زیادی دارد. در نتیجه، شناسایی، تحلیل و همکاری گروه‌داران، اساس مدیریت مشارکتی و حفاظت پایدار است.

هدف اصلی این مقاله، روشن‌گری در مورد واژه گروه‌داران و انواع آنها در حکم‌روایی خوب منابع طبیعی (آب، زیستگاه‌های طبیعی و مسائل محیط‌زیستی) بود. طبق تعریف، گروه‌داران منابع طبیعی به کلیه افراد، گروه‌ها یا نهادهایی اطلاق می‌شود که زندگی، معیشت، سهم، کار یا دغدغه و علاقه آنان به منابع طبیعی گره خورده و ممکن است به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم، تحت تأثیر سیاست‌های منابع طبیعی قرار گرفته یا توانایی تأثیرگذاری مثبت یا منفی بر نتیجه را داشته باشند.

همچنین این مقاله به اهمیت شناسایی و تحلیل گروه‌داران در تصمیم‌سازی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها و اجرای سیاست‌های مربوط پرداخت. این مقاله استدلال می‌کند، در اثر شناسایی و تحلیل دقیق و در نهایت مشارکت گروه‌داران در سیاست‌ها و پروژه‌های منابع طبیعی، مزایای اجتماعی، اقتصادی و محیطی بسیاری حاصل خواهد شد. بنابراین اولین گام برای حکم‌روایی خوب و همکاری موثر گروه‌داران منابع طبیعی، شناسایی افراد و نهادها و تعیین انگیزه آنها است. زیرا ممکن است هر کدام از آنها انگیزه‌ها، نیازها، خواسته‌ها و منافع مختلفی داشته باشند. به‌علاوه، یافته‌ها تأکید می‌کنند، تحلیل گروه‌داران و مشارکت گروه‌داران از نظریه به عمل شروع به حرکت کرده است. در نتیجه، ضروری است تا در این زمینه، بیشتر ورود داشته شود.

این مقاله واژه برگردان گروه‌داران را برای واژه انگلیسی Stakeholders پیشنهاد نموده و انواع گروه‌داران را در ۱۱ گروه، تقسیم‌بندی کرده است (جدول ۲). در ادامه، شکل (۱) نشان داد، نه تنها تحلیل گروه‌داران، بلکه یاریگری گروه‌داران<sup>۲۱</sup> پیچیدگی‌های زیادی داشته و بسیار زمان‌بر است. این شکل، فرایند تصمیم‌سازی و در نهایت گروه‌داران تصمیم‌گیر را برجسته می‌سازد. می‌توان از آنها به‌عنوان گروه‌داران کلیدی نیز یاد کرد. در نتیجه، تمرکز بیشتر کنش‌ها باید به لایه‌های درونی این شکل باشد زیرا آنان تصمیم‌ساز و تصمیم‌گیر اصلی هستند و موضوعات آب، زیستگاه‌های طبیعی یا مسائل محیط‌زیستی برای آن‌ها حیاتی هستند.

نسیم نیکولاس طالب در کتاب جدیدش تحت عنوان «Skin in

- 1-Proportional
- 1-Natural resources governance
- 2-Sovereignty
- 3-Good governance
- 4-Participatory management
- 5-Adaptive co-management
- 6-Stakeholder Theory
- 7-Beneficiaries
- 8-Actor
- 9-Agent
- 10-Environmental Proactivist
- 11-Environmental Non-governmental Organizations (ENGOs)
- 12-Non- beneficiaries
- 13-Beneficiary (direct user)
- 14-User (Indirect Beneficiary)
- 15-Key Stakeholder
- 16-Participatory Rural Appraisal
- 17-Political, Economic, Social, Technological, Environmental and Legal factors
- 18-Strength, Weakness, Opportunity, and Threat Analysis (SWOT)
- 19-Drivers, Pressures, State, Impact and Response Model of Intervention
- 20-Strengths, Opportunities, Aspirations, Results
- 21-Stakeholder Engagement

۲۲- این کتاب با عنوان «پوست در بازی» نشر یافته است که با توجه به ابهام در عنوان ترجمه شده و همچنین باتوجه به محتوای کتاب، بهتر بود «پات گیره» ترجمه می‌شد.

## منابع

- پایسته، م.، کلاهی، م. و عمرانیان خراسانی، ح. ۱۳۹۹. معیارها و شاخص‌ها: الزامی برای شناخت، به‌کارگیری و ارزیابی حکمرانی خوب در منابع طبیعی. آب و توسعه پایدار، ۷(۱): ۲۲-۱۳.
- پایسته، م. ۱۳۹۸. حکمرانی مشارکتی- تطبیقی در منابع طبیعی. پایان نامه ارشد، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد.
- جنتی چنار، م. ع.، کلاهی، م. و مصداقی، م. ۱۳۹۹. تعارضات

«the Game»<sup>۲۳</sup> (Taleb، ۲۰۲۰)، به برخی از بحث‌برانگیزترین و عمل‌گرایانه‌ترین موضوعات برای درک دنیا، توسعه شغلی و حرکت به سمت جامعه‌ای عادلانه و منصفانه پرداخته است تا ابزاری در اختیار قرار دهد که بتوان مهملات دیگران را تشخیص داد (رمضانی و بهمنی، ۱۳۹۸). این راهنمای عملی بیان می‌دارد عدالت اجتماعی وقتی ایجاد می‌شود که ریسک هر اقدامی بین گروه‌داران به‌طور متقارن به اشتراک گذاشته شود. نمی‌شود کسانی، تصمیماتی در مورد یک گروه بگیرند، حتی از سودی هم برخوردار شوند، اما ریسک آنرا به دیگران منتقل کنند. او همچنین تاکید می‌کند، اگر کسی ریسک تصمیم یا اقدام خود را قبول نمی‌کند، مورد اعتماد نیست، زیرا در این صورت کلاه‌بردارها همیشه نفع می‌برند اما هیچ وقت از اشتباه‌هایشان ضرر نمی‌کنند. از طرف دیگر، قانون طلایی اخلاق می‌گوید «آنچه را برای خود می‌پسندید، برای دیگران هم بپسندید». این روشن‌گری کمک می‌کند تا جایگاه و کیفیت گروه‌داران منابع طبیعی ارزیابی شوند. به این طریق که اگر فردی گروه‌دار، سخنی، تصمیمی یا اقدامی را ابراز یا پافشاری می‌کند، باید سنجید که آیا ریسک آن پیشنهاد را هم می‌پذیرد یا نه. اگر نمی‌پذیرد پس نباید او را فردی جدی و ضروری در همکاری گروه‌داران قلمداد کرد. اگر چنین شود، اقدامات با ریسک بالا را دیگر نمی‌توان به عنوان ریسک کم معرفی کرد، به جای کلی‌گویی می‌توان به راه‌حل رسید، همچنین طرف‌های گروه به یک اندازه در ریسک بوده، و تقارن مسئولیت‌ها و حس مسوولیت‌پذیری به یک نسبت توزیع شده است.

موضوعات منابع طبیعی به‌ویژه آب، زیستگاه‌های طبیعی و مسائل محیط‌زیستی، به شدت نامتمرکز و تکه تکه شده‌اند و گروه‌داران زیادی با خواسته‌ها و رویکردهای مختلف و هر از گاهی متقابل وجود دارند. بنابراین مشارکت، همکاری و درگیر کردن گروه‌داران در منابع طبیعی اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا از طریق آنها، حکم‌روایی تبدیل به ستون فقرات قوانین و سیاست‌های موثر خواهد شد. از طرف دیگر، دولت در نقش سنتی خود به عنوان تنها قدرت تصمیم‌گیرنده، نتواسته است در پیشبرد مدیریت و حتی اجتماعی‌سازی موضوعات منابع طبیعی و مسائل محیط‌زیستی موفق عمل نماید. بنابراین، با درنظر گرفتن شرایط جاری، اکنون حیاتی‌تر از همیشه است تا مسؤولان دولتی/حکومتی، سیاست‌های باز را اتخاذ کنند که بر تفویض اختیار و همچنین همکاری بهره‌برداران و سایر گروه‌داران متمرکز هستند. زیرا با حکم‌روایی خوب منابع طبیعی است که مشخص می‌شود چه کسی، چه چیزی را، کی و چگونه انجام داده/می‌دهد یا به‌دست آورده است یا خواهد آورد؛ این یعنی همان توزیع متقارن ریسک و مسوولیت که ضرورت مشارکت و یاری‌گری است.

- with stakeholder management. *Journal of Private Enterprise*, 21: 106-130
- Charron DC. 2007. Stockholders and stakeholders: The battle for control of the corporation. *Cato Journal*, 27(1): 1-22.
- Chen Y.C.K. and P.J. Sackett. 2007. Return merchandise authorization stakeholders and customer requirements management—high-technology products. *International journal of production research*, 45(7): 1595-1608.
- Crawford B.A., Katz R.A., and McKay S.K.. 2017. Engaging stakeholders in natural resource decision-making. *Environmental Laboratory (US), Technical Report of ERDC/TN EMRRP-SR-83*.
- Cuppen E. 2016. Stakeholder Analysis. *Foresight in Organizations: Methods and Tools*. 1st Edition, Routledge prees. New York.
- Decker D.J., Forstchen A.B, Pomeranz E.F, Smith C.A., Riley S.J., Jacobson C.A., Organ J.F and Batcheller G.R. 2015. Stakeholder engagement in wildlife management: Does the public trust doctrine imply limits?. *The Journal of Wildlife Management*, 79(2):174-179.
- Elias A. A., Cavana R. Y. and Jackson L. S. 2002. Stakeholder analysis for R&D project management. *R&D Management*, 32(4):301-310.
- Ford J.K., Riley S.J., Lauricella T.K. and Van Fossen J.A.. 2020. Factors Affecting Trust Among Natural Resources Stakeholders, Partners, and Strategic Alliance Members: A Meta-Analytic Investigation. *Frontiers in Communication*, 5(9): 1-13.
- Freeman R. E. 2001. A stakeholder theory of the modern corporation. *Perspectives in Business Ethics* Sie, 3(144): 38-48.
- Freeman, R. E. 2010. *Strategic management: A stakeholder approach*. Cambridge university press, 1st Edition, Cambridge, United Kingdom.
- Freeman, R. E., J. S. Harrison, A. C. Wicks, B. L. Parmar and S. De Colle. 2010. *Stakeholder theory: The state of the art*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Friedman, A. L. and S. Miles. 2006. Stakeholders: The اجتماعی و مدیریت مراتب: مطالعه موردی مراتب شهرستان کلات نادر. *بوم‌شناسی کاربردی*، (۳): ۹۷-۷۷.
- جنتی چنار، م.ع. و کلاهی، م. ۱۳۹۷. تضادهای بین دامداران و اداره منابع طبیعی. *هفتمین کنفرانس ملی مرتع و مرتعداری ایران*، ۱۳۷، ۱-۱۷.
- حسینی س.ک. و نوروزی م. ۱۳۹۵. ضرورت حکمرانی منابع طبیعی با تأکید بر نفت و گاز در ایران: تبیین نظریات و بررسی تجارب. *ماهنامه علمی اکتشاف و تولید نفت و گاز*، ۱۳۳: ۱۶-۹.
- داورانی، م. ۱۳۹۶. اخلاق آب: خواندنی‌های اساسی برای پژوهشگران و کارشناسان. انتشارات پژوهشگاه فرهنگ، هنر و ارتباطات. نوبت اول. تهران.
- درودیان، ح.ر. ۱۳۹۶. یاریگری گروداران در حکمرانی فراگیر آب. انتشارات پژوهشگاه فرهنگ، هنر و ارتباطات. نوبت اول. تهران.
- رمضانی، س. و بهمنی. ه. ۱۳۹۸. پوست در بازی: عدم تقارن های پنهان در زندگی روزمره. نشر نوین، نوبت اول. تهران.
- سالاریان، م. ۱۳۹۸. چارچوب برنامه ریزی مشارکتی برای مدیریت راهبردی آب با تلفیق تجارب داخلی و خارجی. رساله دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد.
- شریف زاده اقدم، ا.، شیخی، ع. و اجزاء شکوهی، م. ۱۳۹۷. ارزیابی حکمروایی خوب در پایداری محله‌های شهری پیرانشهر. *فصلنامه شهر پایدار*، ۱(۳): ۱۰۹-۱۲۸.
- شریف‌زاده، ف. و قلی‌پور، ر. ۱۳۸۲. حکمرانی خوب و نقش دولت. *مدیریت فرهنگ سازمانی*، ۱(۲): ۹۳-۱۰۹.
- طاهری تیزرو، ع. قلعه بان تکمه داش، م. و زارع ایبانه، ح. ۱۳۹۷. بررسی اثر قدرت گروداران ذی‌نفوذ در مدیریت مشارکتی منابع آب دشت قزوین. *مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۲۵(۲): ۱۱۱-۱۳۰.
- کلاهی، م. ۱۳۹۹. ساختارهای مدیریتی جهت تحقق سیاست‌های کلی محیط‌زیست. *سیاست‌های راهبردی و کلان*، ۸(۳۱): ۵۱۰-۵۳۴.
- کلاهی، م. ۱۳۹۸. دانش محیط‌زیستی: از دانایی تا توانایی. تهران: انتشارات تحقیقات آموزش کشاورزی. نوبت اول. تهران.
- نوشین‌فر، و. ۱۳۹۶. آب، بوم‌سازگان و جامعه: تلاقی رشته‌ها. انتشارات پژوهشگاه فرهنگ، هنر و ارتباطات. نوبت اول. تهران.
- Armitage D., Berkes F. and Doubleday N. 2010. Adaptive co-management: collaboration, learning, and multi-level governance. UBC Press. Vancouver.
- Boatright J.R. 2006. What's wrong—and what's right—

- Khojir National Park. Environmental management, 52(2): 514-530.
- Kolahi M., Sakai T., Moriya K., Yoshikawa M. and Trifkovic S.. 2014b. Visitors' characteristics and attitudes towards Iran's national parks and participatory conservation. Parks, 20(1): 53-66.
- Kolahi M., Sakai T., Moriya K., Yoshikawa M and Esmaili T. 2014a. From paper parks to real conservations: Case study of social capital in Iran's biodiversity conservation. International Journal of Environmental Research, 8(1): 101-114.
- Mitchell R. K., Agle B. R. and Wood D. J. 1997. Toward a theory of stakeholder identification and salience: Defining the principle of who and what really counts. Academy of management review, 22(4): 853-886.
- Nysten-Haarala S. and Tysiachniouk M.. 2013. Trust in forest industry relations in Northwest Russia. Forest Policy and Economics, 31: 1-49.
- Orr S. K. 2013. Environmental policymaking and stakeholder collaboration: Theory and practice. CRC Press.
- Prell C, Hubacek K, Reed M. 2009. Stakeholder analysis and social network analysis in natural resource management. Soc Nat Resour, 22: 501-518
- Reed M.S., Graves A., Dandy N Posthumus H., Hubacek K., Morris J., Prell C., Quinn C.H. and Stringer L.C. 2009. Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. International of Environmental Management, 90: 1933-1949
- Rietbergen-McCracken J. and Narayan-Parker D. (Eds.). 1998. Participation and social assessment: tools and techniques (Vol. 1). World Bank Publications. 1st Edition. Washington.
- Stakeholder, 15 March 2020. Cambridge English Dictionary. Available at <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/stakeholder>.
- Stakeholder, 15 March 2020. Longman Dictionary of Contemporary English. Available at <https://www.ldoceonline.com/dictionary/stakeholder>.
- Stakeholder, 15 March 2020. Merriam-Webster Dictionary and practice. Oxford University Press on Demand. 1st Edition. UK.
- Gaur V. 2013. Understand your stakeholders. International Journal of Advancements in Research & Technology, 2(1): 1-8.
- Grimble R. and Wellard K. 1997. Stakeholder methodologies in natural resource management: a review of principles, contexts, experiences and opportunities. Agric Syst, 55: 173-193
- Grindle M. 2012. Good governance: The inflation of an idea. Planning ideas that matter, 259-282.
- Habitat U. N. 2006. State of the World's Cities 2006/7. New York: United Nations.
- Hardin G. 1968. The tragedy of the commons. Science, 162(3859): 1243-1248.
- Hitt M. A., R. D. Ireland and R. E. Hoskisson. 2010. Strategic management: Concepts: Competitiveness and globalization.
- Hyder A, Syed S, Puvanachandra P, et al. 2010. Stakeholder analysis for health research: case studies from low-and middle-income countries. Public Health 124:159-166
- Jepsen, A. L. and P. Eskerod. 2009. Stakeholder analysis in projects: Challenges in using current guidelines in the real world. International Journal of Project Management, 27(4): 335-343.
- Johnson, G., K. Scholes and R. Whittington. 2008. Exploring Corporate Strategy. Financial Times Prentice Hall.
- Kaler J. 2003. Differentiating stakeholder theories. J Bus Ethics 46: 71-83
- Kijazi MH. 2007. Stakeholder-centered forest evaluations: needs, priorities and wellbeing of forest beneficiaries, Kilimanjaro, Tanzania. Unpubl PhD Thesis Univ Toronto
- Kolahi M., Sakai T., Moriya K. and Makhdom M. F. 2012. Challenges to the future development of Iran's protected areas system. Environmental management, 50(4): 750-765.
- Kolahi, M., T. Sakai, K. Moriya, M. F. Makhdom and L. Koyama. 2013. Assessment of the effectiveness of protected areas management in Iran: Case study in



- strategies and beneficiary accountability: an NGO case study. In: Accounting Forum. Taylor & Francis. 1st Edition.
- Vos J. F. and Achterkamp M. C. 2006. Stakeholder identification in innovation projects. *European Journal of Innovation Management*, 9(2): 161-178.
- Worboys G. L., Lockwood M., Kothari A., Feary S. and Pulsford I. (Eds.). 2015. Protected area governance and management. ANU Press. 1st Edition. world.
- Wu X. 2007. Stakeholder identifying and positioning (SIP) models: From Google's operation in China to a general case-analysis framework. *Public Relations Review*, 33(4): 415-425.
- Stakeholder. Available at <https://www.merriam-webster.com/dictionary/stakeholder>.
- Stakeholder, 15 March 2020. Oxford Lexico Dictionaries. Available at <https://www.lexico.com/en/definition/stakeholder>.
- Stoll-Kleemann, S. and M. Welp (Eds.). 2007. Stakeholder dialogues in natural resources management: theory and practice. Springer Science & Business Media.
- Taleb N. N. 2020. Skin in the game: Hidden asymmetries in daily life. Random House Trade Paperbacks, 1st Edition. Uitgeverij Nieuwezijds. Amsterdam.
- Uddin M.M., and Belal A.R. 2019. Donors' influence

Article Type: Technical paper

نوع مقاله: فنی و ترویجی

## Goal and Goal Setting in Strategic Planning, Case study: Qom Water and Wastewater Company

A.J. Sadeghpour<sup>1</sup>, A.H. Motahari<sup>2\*</sup>, A. Nejatbakhsh Esfahani<sup>3</sup>

1,2- PhD in Human Resource Management & MSc of Executive Management, Qom Water and Wastewater Company, Iran. 3- Assistant Professor, Department of Human Resources Management, Payame Noor University and Todd Center Research Assistant, Iran.

\*(Corresponding Author Email: motahary.313@gmail.com)

Received: 20-09-2020

Accepted: 04-01-2021

## هدف و هدف گذاری در برنامه ریزی استراتژیک مطالعه موردی: شرکت آبفای استان قم

علی جان صادق پور<sup>۱</sup>، عبدالهادی مطهری<sup>۲\*</sup>، علی نجات بخش اصفهانی<sup>۳</sup>  
۱ و ۲- به ترتیب دکترای مدیریت منابع انسانی و دانش آموخته کارشناس ارشد مدیریت اجرایی، شرکت آب و فاضلاب استان قم، ایران. ۳- استادیار گروه مدیریت منابع انسانی، دانشگاه پیام نور و معاون پژوهشی مرکز تاد، ایران.

\*(نویسنده مسئول، E-Mail: motahary.313@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۵

### Abstract

The increasing acceleration in the formation of complex and dynamic environments and its importance in leading organizations in the present age has made strategic planning to be at the forefront of companies' goals. Strategic management as the art and science of formulating, implementing and controlling strategies that enable the organization to achieve its long-term goals. The purpose of this research is study and survey of affecting factors on organizational goals for strategic planning of organizations. The present research is descriptive-survey in terms of data collection and type of research in based on purpose is applied. In the statistical society of 181 experts working in Qom water and wastewater Company, 108 people were selected by random sampling method. The results show that the 6 factors of "operational clarity", "alignment", "environmental characteristics", "alignment with the structure of the organization", "non-repetition" and "detection of peripheral events" are the main components and determinative of goal setting organization in strategic planning. According to the obtained regression coefficients, the maximum effect is related to "alignment" variable with 0.321 regression coefficients. In other words, The goals of the organization must have a kind of unity and oneness while diversity and plurality. Using the results obtained in the water and wastewater companies of country can act as a guide and facilitator in strategies formulation and implementation.

**Keywords:** Strategic Planning, Strategy Development, Target setting, Qom Water and Wastewater Company.

### چکیده

شتاب روز افزون در شکل گیری محیط های پیچیده و پویا و اهمیت آن در راهبری سازمان های عصر حاضر باعث شده است برنامه ریزی استراتژیک در صدر اهداف شرکت ها قرار گیرد. مدیریت استراتژیک به عنوان هنر و علم تدوین، اجرا و کنترل استراتژی هایی است که سازمان را قادر می سازد به هدف های بلندمدت خود دست یابد. هدف از این پژوهش مطالعه و بررسی عوامل تأثیرگذار بر اهداف سازمانی برای برنامه ریزی استراتژیک سازمان ها می باشد. پژوهش حاضر از نظر نحوه گردآوری داده ها توصیفی-پیمایشی و نوع پژوهش بر مبنای هدف، کاربردی است. در جامعه آماری ۱۸۱ نفر از خبرگان شاغل در شرکت آبفای قم و با روش نمونه گیری تصادفی تعداد ۱۰۸ نفر محاسبه شد. نتایج پژوهش نشان می دهد شش عامل "روشن بودن عملیات"، "همراستایی"، "ویژگی های محیطی"، "همسویی با ساختار سازمان"، "عدم تکرار" و "تشخیص حوادث پیرامونی" از مولفه های اصلی و تعیین کننده هدف گذاری در برنامه ریزی استراتژیک می باشند. با توجه به ضرایب رگرسیونی به دست آمده، بیشترین اثرگذاری مربوط به متغیر "همراستایی" با ضریب رگرسیون ۰/۳۲۱ می باشد. به عبارتی دیگر اهداف سازمان باید در عین تنوع و فراوانی، وحدت و یگانگی داشته باشند. استفاده از نتایج به دست آمده در شرکت های آب و فاضلاب کشور می تواند در تدوین و جاری سازی استراتژی ها به عنوان راهنما و تسهیل گر عمل نماید.

**واژه های کلیدی:** برنامه ریزی استراتژیک، تدوین استراتژی، هدف گذاری، شرکت آبفای قم.

اجرا و ارزیابی استراتژی‌هایی است که ما را قادر می‌سازد به هدف‌های بلندمدت دست یابیم (دیوید<sup>۱</sup>، ۱۳۹۸) پیش نیاز تدوین استراتژی برای هر سازمان، تعیین اهداف سازمانی است (Hofer و همکاران، ۱۹۸۶) تعیین اهداف سازمانی فعالیت‌هایی است که مقاصد نهایی شرکت‌های اجرایی را نشان می‌دهد و فرآیند مدیریت استراتژیک با آن آغاز شده و برای تمامی سطوح سازمان نافذ است (Singh و همکاران، ۲۰۰۲).

هدف از این پژوهش مطالعه و بررسی عوامل تاثیرگذار بر اهداف سازمانی برای برنامه‌ریزی استراتژیک در شرکت‌های اجرایی کشور است تا سازمان‌ها براساس آن، بتوانند برای تدوین، اجرا و کنترل استراتژی‌های خود از آن استفاده نمایند و سازمان را در شرایط رقابتی و پیچیده به مقصد برسانند. به این منظور ابتدا براساس مطالعه و بررسی مبانی نظری و تحقیقات پیشینه موضوع، اقدام به شناسایی مولفه‌های مهم در هدف‌گذاری می‌شود و سپس این عوامل در شرکت آبفای قم آزمون و تأیید می‌شود.

از محدودیت‌ها و نقاط ضعف این شرکت عبارتند از: رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای دستیابی به آب با کیفیت بهتر، نگرش سنتی شهروندان به آب به عنوان کالای ارزان و قابل دسترس، محدودیت منابع مالی جهت سرمایه‌گذاری، محدودیت‌های قانونی برای منطقی ساختن قیمت خدمات آب و فاضلاب. در مقابل برخی از نقاط قوت شرکت آبفای قم عبارتند از: قرارگرفتن در گلوگاه ارتباطی ۱۴ استان کشور، جهت‌گیری در خصوص مکانیزاسیون سیستم‌های تولید آب و خود کنترل کردن برخی تاسیسات، وجود کارشناسان جوان و متخصص و خلاق و کارآمد در شرکت، وجود شبکه دوگانه آب (شرب و بهداشتی) در بسیاری از مناطق قم، در صورت تکمیل طرح فاضلاب قم امکان توسعه فضای سبز و جنگل‌کاری و توسعه کشاورزی. که باتوجه به نقاط ضعف و نقاط قوت این سازمان اقدام به هدف‌گذاری در برنامه‌ریزی استراتژیک خواهد شد.

### بیان مسئله و ضرورت پژوهش

بررسی عملکرد سال‌های اخیر بخش صنعت نشان می‌دهد، مشکل اصلی این بخش از نبود استراتژی شفاف، دقیق و اجرایی برای توسعه و سرمایه‌گذاری لازم در این بخش نشأت می‌گیرد (https://www.hamshahrionline.ir). مهمترین عامل در کسب هر موفقیتی، تعیین دقیق اهداف می‌باشد. هدف‌ها راهبرد سازمان را مشخص می‌کنند. هدف‌گذاری به مانند ترسیم جاده‌ای برای آینده است. از آنجایی که یکی از موانع موفقیت سازمان‌ها، ناتوانی آنها در هدف‌گذاری کارآمد و صحیح است لذا امروزه متولیان امر یکی از دلایل مهم ناکامی شرکت‌های کوچک

امروزه ویژگی‌های محیط صنعتی که شامل تغییر نیازها، پیچیدگی فناوری‌ها، تشدید رقابت در سطوح ملی و بین‌المللی و پدیده جهانی شدن اقتصاد، موجب شده مدیران عالی در اداره شرکت‌های تحت سرپرستی خود با چالش‌های عمده‌ای روبه‌رو شوند. علم مدیریت استراتژیک که هدف نهایی آن تعیین سمت و سوی کلان تلاش‌ها و تحرکات یک سازمان و کاراترین و مؤثرترین علمی است که می‌تواند به مدیران عالی در تصمیم‌گیری برای دستیابی به اهداف استراتژیک سازمان و برآوردن انتظارات آنها کمک کند (مصلح شیرازی وحیدری، ۱۳۸۲).

استراتژی عبارت است از بهره‌گیری از کلیه امکانات سازمان، به منظور تعیین اولویت اهداف و اجرای آنها به نحوی که احتمال شکست به حداقل و احتمال موفقیت به حداکثر برسد (پهلوانیان، ۱۳۸۸). مدیریت استراتژیک استراتژیک به عنوان هنر و علم تدوین،

### نقش شرکت آب و فاضلاب استان قم در پژوهش

امروزه آب و رقابت جهت چیرگی بر منابع محدود آن، یکی از مهمترین حوزه‌های چالش برانگیز هزاره سوم خواهد بود. رشد جمعیت، توسعه صنعتی و اجتماعی و تغییرات آب و هوایی هر یک از سویی، منابع محدود آب سالم را تحت فشار قرار داده‌اند. در این میان شرکت‌های آب و فاضلاب به عنوان متولی مدیریت این کالای استراتژیک یعنی آب، شرکت‌های بسیار حساسی هستند. اهداف شرکت‌های آب و فاضلاب کمک به ارتقای سطح بهداشت و بهبود کیفیت زندگی شهروندان از طریق فراهم ساختن امکان و برخورداری عادلانه، مستمر و پایدار از ارائه خدمات آب و فاضلاب و با رعایت موازین اقتصادی و حفظ سلامت محیط زیست است.

شرکت آب و فاضلاب استان قم در سال ۱۳۷۲ با سهامداری شهرداری قم، شرکت آب و فاضلاب استان تهران و شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تشکیل و پس از استان شدن قم به کار خود ادامه داده است و در حال حاضر سهامداران آن، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، شهرداری‌های استان، شرکت سرمایه‌گذاری صبا و شرکت سرمایه‌گذاری نیرو می‌باشند. این شرکت عهده‌دار تامین پایدار نیازهای پایه آب و توزیع عادلانه آن به عنوان یک زیر ساخت اساسی استان می‌باشد.

انتخاب شرکت آب و فاضلاب استان قم جهت بررسی و انجام مطالعه موردی به دلیل اهمیت روبه‌رشد این شرکت، انتخابی هوشمندانه است. چرا که این سازمان در راستای برنامه‌ریزی استراتژیک خود نیاز به تعیین مولفه‌های هدف‌گذاری دارد. برخی

و متوسط در کشور را نبود اهداف کمی و کیفی در این شرکت‌ها برشمرده‌اند. ([www.iranmodir.com/business-failure](http://www.iranmodir.com/business-failure)). بنابراین مساله اصلی این پژوهش مطالعه و بررسی تعیین عوامل تاثیرگذار بر برنامه‌ریزی استراتژیک سازمان‌ها می‌باشد. مسئله شناسایی عوامل هدف‌گذاری و اطلاع از میزان اهمیت و روابط آنها است. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش خواهد توانست شرکت‌های اجرایی را در هدف‌گذاری توانمند سازد و از ناکامی‌های نبود اهداف کمی و کیفی برهاند.

## مروری بر ادبیات پژوهش

مدیریت استراتژیک در درجه اول با ایجاد تجزیه و تحلیل سیستماتیک از عوامل مرتبط با محیط داخلی و خارجی است (Chiragh, ۲۰۱۹). فرآیند مدیریت استراتژیک ماهیتی اجرایی دارد (Daft, ۱۹۹۱). این فرایند با تدوین استراتژی‌ها و به‌کارگیری آن سر و کار دارد (Hofer و همکاران, ۱۹۸۷) و ماهیتی پیچیده و بدون ساختار است (Mintzberg و همکاران, ۱۹۷۶) و تعهد دیگر شرکای سازمان را، در به کارگیری منابع نیاز دارد (Taryn و همکاران, ۱۹۹۲).

ادبیات مدیریت استراتژیک مدل‌های متنوعی را ارائه می‌دهد که بیشتر آنها شبیه به هم می‌باشد (مطهری, ۱۳۹۱) در مدل فرآیندی هوفر شروع مدیریت استراتژیک با تعیین اهداف سازمانی است (Hofer و همکاران, ۱۹۸۶؛ Singh و همکاران, ۲۰۰۲). همچنین در مدل دیگری، تعیین هدف‌های عالی و کلان و تدوین هدف‌های ویژه قبل از تدوین استراتژی است. (پیگلز و روجر<sup>۲</sup> به نقل از طبیبی و ملکی, ۱۳۹۶) و به‌طور مشابه، تعیین اهداف و مقاصد سازمان در مدل طبیبی و همکاران نیز مورد تاکید قرار گرفته است (طبیبی و ملکی, ۱۳۹۶). در این فرآیند، وقتی که اهداف مشخص شدند برای چگونگی رسیدن به این اهداف باید استراتژی‌هایی تدوین شود. بین هدف‌گذاری و تدوین استراتژی ارتباط تنگاتنگی وجود دارد. تدوین راهبرد چگونگی دستیابی به اهداف، سیاست‌ها و برنامه‌ریزی‌های سازمان را توصیف می‌کنند (Taryn و همکاران, ۱۹۹۲) استراتژی‌ها با تفسیر اهداف نسبت به نتایج تعیین شده به‌کار گرفته می‌شود و در طول حیات سازمان جاری است (Mintzberg و همکاران, ۱۹۷۶) اهداف سازمانی می‌تواند در سطوح مختلف تعیین گردد و شامل درک و تشخیص صحیح ماموریت و مقاصد سازمان و بیان آن‌ها است (الوانی, ۱۳۹۸). منابع انسانی نقش گسترده‌ای در بهینه‌سازی استفاده از پتانسیل‌ها و دستیابی به هدف استراتژیک شرکت دارند (Wendrilag و Debarun, ۲۰۱۹).

تدوین استراتژی‌های سازمان مشکل نیست، مسئله مهم هم راستاسازی و یکپارچگی استراتژی‌ها است. ازاین‌رو همراستایی

اهداف در همه سطوح سازمان مهمترین مولفه هدف‌گذاری خواهد بود. هم‌راستایی اهداف عملیاتی با اهداف استراتژیک و همچنین اهداف کوتاه مدت و بلند مدت باعث بهبود عملکرد سرپرستان و نهایتاً سازمان خواهد شد (ره‌پیک, ۱۳۸۳؛ سرلک و فراتی, ۱۳۹۲؛ طبیبی و ملکی, ۱۳۹۶). همچنین روشن بودن عملیات دومین عامل اثرگذار را در هدف‌گذاری دارد. روشن بودن تعریف فعالیت‌ها و عملیات کاری جهت دستیابی به اهداف از مولفه‌های مهم تدوین استراتژی است و امروزه به‌عنوان یکی از محرک‌های مهم در برنامه‌ریزی مورد نظر می‌باشد. اهداف سازمانی باید قابل درک و فهم باشند و فعالیت‌ها و عملیات کاری تعریف روشنی داشته باشند. لازم است برای تدوین استراتژی‌های شرکت ضمن تعیین اهداف استراتژیک سازمان فعالیت‌های لازم، برای تحقق هدف مشخص شود. باید مشخص شود چه فعالیت‌هایی برای اجرای هدف پیش‌بینی شده است و روش انجام هر یک از عملیات کاری روشن شود. روشن بودن عملیات و وضوح ارتباط آن با اهداف سازمان باعث می‌شود علاوه بر ایجاد اشتیاق در کارکنان در دستیابی به اهداف سازمانی موفق‌تر عمل شود (الوانی, ۱۳۹۸؛ رضاییان, ۱۳۹۵). از آنجایی که اهداف مبنای راهبردهای سازمان و استراتژی‌ها نیز بر ساختار سازمانی اثر متقابل دارند از این‌رو همسویی آنها باعث تدوین استراتژی‌هایی بر پایه واقعیات سازمانی خواهد شد و اجرا و به نتیجه رسیدن راهبردها را تضمین خواهد نمود (رابینز<sup>۳</sup>, ۱۳۹۸؛ زارعی متین, ۱۳۹۷) تجزیه و تحلیل ویژگی‌های محیطی سازمان باعث می‌شود سازمان به اهداف خود رسیده و یا کارایی استراتژی‌های خود را بالا ببرد (اعرابی و همکاران, ۱۳۹۳؛ Porter و همکاران, ۱۹۷۵). تشخیص تغییرات و حوادث پیرامونی اهمیت بالایی دارد زیرا با متغیر بودن محیط انتظار می‌رود فرآیندهای موجود سازمان‌ها دسرخوش تغییر شود (علی احمدی و اسدی, ۱۳۸۵؛ Fremont و همکاران, ۱۹۸۵) چنانچه هدف‌گذاری فعالیت‌ها و انتخاب استراتژی‌ها جامعیت لازم ندارد و به‌صورت موازی و تکراری باشند، این امر باعث دوباره کاری‌ها و از دست رفتن منابع سازمان خواهد شد (کوهنو, ۱۳۸۲). برای بررسی وجود یا عدم وجود رابطه معنی‌دار بین عناصر، از آزمون همبستگی اسپیرمن استفاده شده است که براساس نتایج این آزمون رابطه نسبتاً ضعیف و مستقیم بین مولفه‌ها برقرار است. این نتیجه بیانگر نداشتن ارتباط معنی‌دار است و تقریباً عناصر شناسایی شده مستقل هستند و در سازمان‌ها این عناصر، هر کدام باید جداگانه مورد توجه قرار گیرند.

در پک پژوهش در شرکت پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی اولویت‌بندی اهداف استراتژیک در کارت امتیازی متوازن با تلفیق دیمیتل و ای ان پی، ابتدا اهداف کلان سازمان براساس چشم انداز و ماموریت و ارزش‌های ارائه شده در بیانیه استراتژیک تعیین شده و مهمترین هدف استراتژیک که عبارت است از: سرآمدی در تأمین و توزیع فرآورده‌های نفتی، استخراج شد (اکبریان و

نجفی، ۱۳۹۸). همچنین در تحقیقی که در یکی از مدارس شهر ایلام انجام گرفت نشان داد که؛ آموزش مهارت‌های هدف‌گذاری و انگیزش تحصیلی می‌تواند بر رضایت از تحصیل دانش‌آموزان موثر باشد (پیرانی، ۱۳۹۸).

### تعیین اهداف سازمانی

کلمه هدف در سازمان به معنی، نتیجه یا پایانی است که کوشش‌های سازمان را به سمت خود هدایت می‌کند (Rouillard, ۱۹۹۴). اهداف استراتژیک، اهدافی دراز مدت و بلند پرواز است که بر شالوده شایستگی‌های اصلی کنونی استوار می‌شود و همه سطوح سازمان را به کار می‌گیرد (شلینگ<sup>۴</sup>، ۱۳۹۵) هدف‌گذاری

موجب استانداردسازی وظایف سازمان است و حکم پایه و اساس را برای سازمان دارد. اهداف تعیین شده، مبنایی برای طراحی، برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، ایجاد انگیزه و کنترل را فراهم می‌آورند. نقش اهداف در برنامه‌ریزی استراتژیک سازمان عبارت است از: (۱) مسیر یا جهت را تعیین می‌کنند، (۲) موجب تمرکز تلاش‌ها می‌شوند، (۳) مسیر برنامه و تصمیمات را مشخص می‌کنند، (۴) میزان پیشرفت سازمان را تعیین می‌کنند و (۵) فعالیت‌ها را برای رسیدن به هدف مطلوب هدایت می‌کند (طیبی و ملکی، ۱۳۹۶). تعیین اهداف سازمانی نیازمند توجه به شاخص‌ها و عواملی است که برای شناسایی این مولفه‌ها با استفاده از روش کتابخانه‌ای و بررسی آثار ارائه شده توسط دانشمندان این رشته، جدول (۱) استخراج شده است (مطهری، ۱۳۹۷).

جدول ۱- مولفه‌های تعیین اهداف سازمان در هنگام تدوین استراتژی در پژوهش حاضر

| عامل        | مولفه‌ها         | ارائه دهنده‌گان                                       |
|-------------|------------------|-------------------------------------------------------|
| تعیین اهداف | روشن بودن عملیات | (الوانی ۱۳۹۸؛ رضایان ۱۳۹۵)                            |
| سازمان برای | همراستایی        | (ره پیک، ۱۳۸۳؛ سرلک و فراتی، ۱۳۹۲؛ طیبی و ملکی، ۱۳۹۶) |
| برنامه‌ریزی | ویژگی‌های محیطی  | (اعرابی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Porter و همکاران، ۱۹۷۵)      |
| استراتژیک   | همسویی با ساختار | (رابینز، ۱۳۹۸؛ زارعی متین، ۱۳۹۷)                      |
|             | عدم تکرار        | (کوهنو، ۱۳۸۲؛ مطهری، ۱۳۹۱)                            |
|             | تشخیص حوادث      | (علی احمدی و اسدی، ۱۳۸۵؛ Fremont و همکاران، ۱۹۸۵)     |

اهدافی که بر مبنای این مولفه‌ها تعیین می‌شوند باید: الف) قابل قبول باشد، ب) قابل انعطاف باشد، ج) قابل اندازه‌گیری باشد، د) برانگیزاننده باشد، ه) متناسب باشد، و) قابل درک و فهم باشد و ز) قابل حصول باشد (Harrison, ۱۹۹۱) به عبارت دیگر اهداف باید ویژگی‌های: کلی بودن، قابلیت زمان‌بندی، کمیت پذیری و قابلیت اندازه‌گیری، شفاف بودن، قابلیت تحقق، فراگیری و نهایتاً انسجام را دارد (ره پیک، ۱۳۸۳). در ادامه به معرفی مولفه‌های شش‌گانه تعیین اهداف سازمانی در هنگام تدوین استراتژی پرداخته شده است:

### ۱- روشن بودن عملیات

سازمان برای رسیدن به اهداف خود، نیازمند انجام فعالیت‌ها و عملیات کاری مورد نیاز است. این عملیات باید ضمن سازماندهی مناسب، کاملاً آشکار و ملموس باشد تا بتوان نیروها و امکانات را در راه دستیابی به آن بسیج کرد باید روش انجام هر یک از عملیات کاری روشن شود (الوانی، ۱۳۹۸). هر چه تعریف فعالیت‌ها روشن‌تر باشد و رابطه آنها با اهداف کاری با صراحت و وضوح بیشتری تبیین شده باشد، احتمال اجرای کامل استراتژی‌های تدوین شده بیشتر است. مطابق یکی از تئوری‌های

هدف‌گذاری، اگر کارمند به وضوح و شفافیت بداند چه کاری را باید انجام دهد و برای انجام آن به چالش طلبیده شود، انگیزش و عملکرد بهتری خواهد داشت (Locke, ۱۹۸۶). سخن کوتاه اینکه تمامی عملکردهای خوب با هدف‌های روشن آغاز می‌شوند. لازمه عملکرد خوب، اطمینان از این است که همه کارکنان در دو مورد ابهامی نداشته باشند: (۱) چه کاری از آنها خواسته شده و (۲) شاخص عملیات خوب چیست؟ (رضایان، ۱۳۹۵).

### ۲- همراستایی

اهداف هر سازمان می‌تواند در سطوح و زمانبندی‌های مختلف تعریف شود. از نظر زمان‌بندی اهداف می‌توانند، کوتاه مدت، میان مدت یا بلند مدت باشد (کوبین و همکاران، ۱۳۸۲) و یا هدف‌گذاری در سطوح عالی و عملیاتی صورت گیرد (رضایان، ۱۳۹۵)؛ اما نیاز است تمام اهداف در هر سطحی ضمن دیده شدن، همسو و در یک راستا باشند. به عبارتی دیگر اهداف سازمان باید در عین تنوع و تکرار نوعی وحدت و تمامیت داشته باشند (ره پیک، ۱۳۸۳). اهداف سازمانی اگرچه به تناسب سطوح سازمانی تنظیم می‌شود اما در راستای جهت‌گیری کل سازمان هستند (طیبی و ملکی، ۱۳۹۶). به طور کلی بیان می‌شود یک استراتژی خوب در



سطح کل سازمان باید اهداف، سیاست‌ها و راهکارهای سازمان را به صورت یک کل به هم وابسته، منسجم و یکپارچه کند (سرلک و فراتی، ۱۳۹۲). تدوین استراتژی‌های سازمان، چندان مشکل نیست، مسئله مهم هم راستاسازی و یکپارچگی استراتژی‌ها است. از این رو هم راستایی اهداف در همه سطوح سازمان یکی از مولفه‌های مهم در هدف گذاری خواهد بود.

### ۳- ویژگی‌های محیطی

محیط سازمان از دو محیط داخلی و خارجی تشکیل شده است. محیط خارجی سازمان را به دو لایه محیط عمومی یا کلان و محیط تخصصی یا خرد تقسیم بندی می کنند (اعرابی و همکاران، ۱۳۹۳). ویژگی‌های محیطی، سازمان را تحت تاثیر قرار می دهند و خود نیز به گونه ای متاثر از عملکرد سازمان‌ها هستند (Porter و همکاران، ۱۹۷۵). فرآیند پایش محیطی باید مستمر باشد و اطلاعات مناسب در محیط‌های گوناگون همواره در اختیار باشد (طیبی و ملکی، ۱۳۹۶). برای تجزیه و تحلیل ویژگی‌های محیطی باید چهار عنصر اصلی ذیل مورد توجه قرار گیرد: ۱- ریزینی یا ریزنگری (یعنی جز به جز کردن فاکتورهای محیطی و تیزینی عمیق به آن)، ۲- ردیابی (تجسس عملیات برای شناخت روند و الگوی مشخص در محیط)، ۳- پیش بینی (یعنی پیش بینی سمت و جهت تغییرات محیطی در آینده) و ۴- ارزشیابی (ارزشیابی کردن تغییرات محیطی در زمان حال و آینده به منظور کاربرد تغییرات محیطی در سازمان) (علی احمدی و اسدی، ۱۳۸۵) تعیین هدف تنها در بستر محیط و فضای خاص صورت می گیرد، بنابراین توجه به ویژگی‌های محیطی برای هدف گذاری ضروری است (ره پیک، ۱۳۸۳).

### ۴- همسویی با ساختار

ساختار سازمان نحوه کار افراد را در سازمان مشخص می نماید. ساختار وسیله ای است که با استفاده از آن مدیریت می تواند به هدف های خود دست یابد و از آنجایی که استراتژی تعیین کننده هدف‌ها است، لذا بین استراتژی و ساختار رابطه ای نزدیک وجود دارد. اگر مدیریت بخواهد در استراتژی سازمان تغییر عمده ای بدهد باید ساختار را اصلاح کند تا تغییرات انجام شده مورد تأیید قرار گیرد (رابینز، ۱۳۹۸).

برای هدف گذاری در تدوین استراتژی باید به امکانات و محدودیت های ساختار در سازمان توجه شود تا امکان تحصیل اهداف به شکل منطقی وجود داشته باشد. ممکن است اهداف دست بالایی تعیین شود که اساساً استراتژی مناسب باتوجه به سازماندهی و ساختار سازمانی و منابع در شرکت‌ها وجود ندارند و این به معنای از دست دادن هدف و استراتژی است. مطالعات نشان می دهد، اهداف و استراتژی بر ساختار

سازمانی تاثیر می گذارد. تغییر راهبرد و اهداف نیز منجر به تغییر ساختار می شود (زارعی متین، ۱۳۹۷) از این رو برای هدف گذاری در سازمان باید به همسو بودن استراتژی‌ها با ساختار سازمان توجه شود.

### ۵- عدم تکرار

اهداف باید علاوه بر اینکه هم افزایی و جامعیت لازم را داشته باشند، تکراری نباشند؛ زیرا موجب دوباره کاری در عملیات می شوند. اگرچه امروزه به دلیل سرعت بالای تحولات و کاهش قدرت پیش بینی، معمولاً در کنار استراتژی‌های اصلی، استراتژی‌های بدیل و جایگزین نیز طراحی می شوند تا تضمین بیشتری برای تحقق اهداف وجود داشته باشد اما باید توجه شود تعیین اهداف و استراتژی‌ها به صورت موازی نبوده و عدم تکرار در هدف گذاری فعالیت های کاری اعمال شود (کوهنو، ۱۳۸۲).

### ۶- تشخیص حوادث

مدیران عالی سازمان وظیفه دارند، دائماً تحولات محیط پیرامون خود را بررسی و مطالعه نمایند و آثار هرگونه تغییر و تحول پیش بینی شده را در تصمیم گیری های سازمانی برای مواجه با تغییرات تعیین و ترمیم نمایند به عبارت دیگر تشخیص حوادث محیطی می تواند در تدوین استراتژی جدید استفاده شود، آنسف اظهار می دارد حوادث محیطی را می توان با تعیین درجه آشفتگی و سطح حادثه برآورد و پاسخگویی کرد (علی احمدی و اسدی، ۱۳۸۵). سازمان‌ها جهت بقا باید قدرت تشخیص حوادث پیرامون خود را داشته و در مقابله با آن، قدرت انطباق پذیری با محیط را داشته باشند. در غیر این صورت تداوم حیات خود را به خطر خواهند انداخت (Fremont و همکاران، ۱۹۸۵).

### چارچوب مفهومی و فرضیه های پژوهش

با وارد کردن مولفه های شناسایی شده در مدل فرآیندی مدیریت استراتژیک Hofer و همکاران (۱۹۸۶) چارچوب مفهومی پژوهش در شکل (۱)، شکل می گیرد. همان گونه که در این شکل ملاحظه می شود، چنانچه مولفه های این چارچوب در شرکت آب و فاضلاب قم توسط آزمون های دوجمله ای، رگرسیون و ضریب همبستگی پیرسون تأیید شود؛ بیانگر آن است که مولفه های شش گانه برای تعیین اهداف سازمانی اهمیت بالایی دارد و تدوین استراتژی بر مبنای آن، به خوبی انجام خواهد گرفت. پژوهش حاضر به دنبال پاسخ به این پرسش که آیا عوامل شش گانه شناسایی شده در این چارچوب مفهومی، نقشی در تعیین اهداف سازمانی و هدف گذاری سازمان در فرموله سازی استراتژی های یک

## • ابزار سنجش و روایی و پایایی آن

ابزار سنجش و جمع‌آوری اطلاعات پرسشنامه‌ای بر اساس طیف ۵ قسمتی لیکرت (۱ به معنی خیلی کم و ۵ به معنی خیلی زیاد) بود. روایی این پرسشنامه از روش روایی محتوای صوری مورد تأیید قرار گرفته است؛ چراکه برای شناسایی اعتبار شاخص‌ها و مولفه‌های پژوهش از مطالعات خبرگان و آثار آنها استفاده شده است و پایایی یا قابلیت اعتماد آن با استفاده از آزمون ضریب آلفای کرونباخ با استفاده از جدول (۲) تأیید شد.

جدول ۲- ضریب آلفای هر بخش پرسشنامه

| مولفه‌های تعیین اهداف سازمان | ضریب آلفا |
|------------------------------|-----------|
| روشن بودن عملیات             | ۰,۹۶۴     |
| همراستایی                    | ۰,۹۶۴     |
| ویژگی‌های محیطی              | ۰,۹۶۴     |
| همسویی با ساختار             | ۰,۹۶۴     |
| عدم تکرار                    | ۰,۹۶۵     |
| تشخیص حوادث                  | ۰,۹۶۵     |

## • تجزیه و تحلیل داده‌ها و آزمون فرضیات

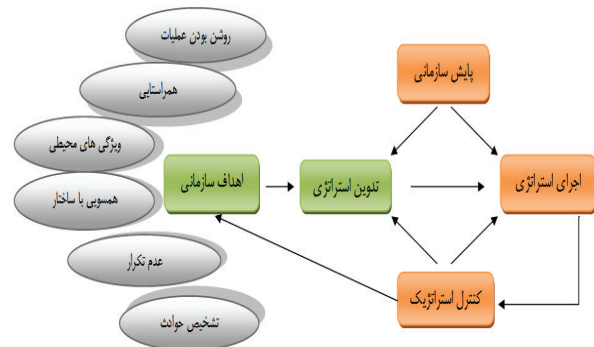
جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS۱۹ استفاده شد و با استفاده از آزمون‌های دوجمله‌ای، رگرسیون خطی و همبستگی اسپیرمن فرضیات مورد آزمون قرار گرفت که در ادامه یافته‌های پژوهش ارائه می‌شود.

### یافته‌ها

پاسخ دهندگان این پژوهش از ۸۱ درصد مرد و ۱۹ درصد زن و همچنین ۸۴ درصد از رده سنی آنها بین ۲۵ تا ۴۵ سال بود. ۷۸ درصد از افراد نمونه، تحصیلات دانشگاهی و ۶۲ درصد از آنها بالای ۱۰ سال سابقه کار داشتند. مدیران و سرپرستان ۱۶ درصد حجم کلمونه‌ها را تشکیل می‌دهند.

شش فرضیه این پژوهش از طریق آزمون دو جمله‌ای بررسی شد. در جدول (۳) نتایج حاصل از این آزمون ارائه شده است. باتوجه به نتایج آزمون دوجمله‌ای در جدول، در فرضیه مربوط به روشن بودن عملیات، سطح معنی‌داری برآورد شده برابر (۰/۰۰۱) است و چون P از سطح معنی‌داری پیش فرض (۰/۰۵) کوچکتر است، بنابراین فرضیه صفر با احتمال بیش از ۵۰ درصد رد شده و می‌توان با ۹۹/۹ درصد اطمینان ادعا کرد این عامل در تعیین اهداف سازمانی در هنگام تدوین استراتژی اهمیت دارد. به‌طور مشابه کلیه فرض‌های صفر H جدول رد می‌شود و می‌توان با ۹۹/۹ درصد اطمینان بیان داشت، این عوامل اهمیت لازم در هدف‌گذاری هنگام تدوین استراتژی در شرکت آب و فاضلاب قم را داشته‌اند.

شرکت اجرایی دارد یا خیر؟ و جایگاه ارزشی و رتبه هر کدام از این مولفه در سازمان کجا خواهد بود؟ همچنین آیا روابطی بین این عوامل وجود دارد یا خیر؟ به‌همین‌منظور فرضیه‌های تحقیق براساس عوامل شناسایی شده در این شکل، طراحی شده است تا در شرکت آب و فاضلاب استان قم آزمون و تجزیه تحلیل شود.



شکل ۱- چارچوب مفهومی پژوهش براساس مدل مدیریت استراتژیک هوفر (Hofer و همکاران، ۱۹۸۶؛ Singh و همکاران، ۲۰۰۲)

فرضیه اول- روشن بودن عملیات در هدف‌گذاری فرآیند تدوین استراتژی نقش دارد.

فرضیه دوم- همراستایی در هدف‌گذاری فرآیند تدوین استراتژی نقش دارد.

فرضیه سوم- ویژگی‌های محیطی در هدف‌گذاری فرآیند تدوین استراتژی نقش دارد.

فرضیه چهارم- همسویی با ساختار در هدف‌گذاری فرآیند تدوین استراتژی نقش دارد.

فرضیه پنجم- عدم تکرار در هدف‌گذاری فرآیند تدوین استراتژی نقش دارد.

فرضیه ششم- تشخیص حوادث در هدف‌گذاری فرآیند تدوین استراتژی نقش دارد.

## روش پژوهش، جامعه آماری و روش نمونه‌گیری

این پژوهش بر حسب روش توصیفی-پیمایشی و نوع پژوهش بر مبنای هدف، کاربردی است. جامعه آماری پژوهش، ۱۸۱ نفر از شاغلین خبره در شرکت آب و فاضلاب قم می‌باشند. از میان اعضای جامعه آماری، حجم نمونه به تعداد ۱۰۸ نفر و بر اساس فرمول کوکران محاسبه شد. این تعداد نمونه با روش نمونه‌گیری اتفاقی ساده انتخاب شدند. تعداد ۱۷۰ پرسشنامه توزیع شد و در نهایت ۱۰۸ عدد پرسشنامه قابل قبول (نرخ بازگشت ۶۴٪) جمع‌آوری شد.

جدول ۳- نتایج کلی آزمون دو جمله‌ای فرضیات پژوهش

| فرضیات H <sub>0</sub> | طبقه     | حجم نمونه | احتمال | احتمال آزمون P |
|-----------------------|----------|-----------|--------|----------------|
| روشن بودن عملیات      | گروه اول | ۷۱        | ۰/۶۶   | ۰/۰۰۱          |
|                       | گروه دوم | ۳۶        | ۰/۳۴   |                |
|                       | کل       | ۱۰۷       | ۱      |                |
| همراستایی             | گروه اول | ۷۷        | ۰/۷۳   | ۰/۰۰۰          |
|                       | گروه دوم | ۲۹        | ۰/۲۷   |                |
|                       | کل       | ۱۰۶       | ۱      |                |
| ویژگی‌های محیطی       | گروه اول | ۷۳        | ۰/۶۹   | ۰/۰۰۰          |
|                       | گروه دوم | ۳۳        | ۰/۳۱   |                |
|                       | کل       | ۱۰۶       | ۱      |                |
| همسویی با ساختار      | گروه اول | ۶۹        | ۰/۲۴   | ۰/۰۰۲          |
|                       | گروه دوم | ۳۶        | ۰/۷۶   |                |
|                       | کل       | ۱۰۵       | ۱      |                |
| عدم تکرار             | گروه اول | ۸۰        | ۰/۲۱   | ۰/۰۰۰          |
|                       | گروه دوم | ۲۵        | ۰/۷۹   |                |
|                       | کل       | ۱۰۵       | ۱      |                |
| تشخیص حوادث           | گروه اول | ۷۵        | ۰/۲۵   | ۰/۰۰۰          |
|                       | گروه دوم | ۲۹        | ۰/۷۵   |                |
|                       | کل       | ۱۰۴       | ۱      |                |

مربوط به متغیر همراستایی با ضریب رگرسیون ۰/۳۲۱ می‌باشد. متغیرهای "روشن بودن عملیات" با ضریب رگرسیونی ۰/۲۶۴ و "همسویی با ساختار" با ضریب ۰/۲۶۲ و "تشخیص حوادث" با ضریب رگرسیونی ۰/۲۴۴ ویژگی‌های محیطی" با ضریب ۰/۲۴۲ به ترتیب بیشترین تاثیرگذاری را بر اهداف سازمانی دارند. نتایج حاصل از رگرسیون به همراه ضرایب متغیرها در جدول (۴) ارائه شده است.

برای بررسی وجود یا عدم وجود رابطه معنادار میان متغیرهای مستقل داده‌های پژوهش از آزمون همبستگی اسپرمن استفاده شده است. براساس نتایج این آزمون در جدول (۵)، سطح معناداری محاسبه شده برای کلیه عناصر، کمتر از (۰/۰۰۵) می‌باشد، بناب این رابطه معناداری میان این شش متغیر وجود دارد؛ اما پایین بودن ضرایب همبستگی بین متغیرها که کمتر از (۰/۵) است، بیانگر رابطه نسبتاً ضعیف بین متغیرها می‌باشد.

همچنین ضریب همبستگی تمام متغیرها مثبت است و بیانگر وجود رابطه مستقیم بین آنها می‌باشد. لازم به ذکر است بیشترین همبستگی بین متغیرهای روشن بودن عملیات و همراستایی با ضریب (۰/۵۶۸) و کمترین همبستگی بین متغیرهای روشن بودن عملیات و عدم تکرار با ضریب همبستگی (۰/۲۷۸) برقرار است.

به منظور بررسی اثر متغیرها بر متغیر اهداف سازمانی از رگرسیون خطی چند گانه به روش گام به گام Step-wise استفاده شده است. در این روش متغیرها براساس بیشترین تاثیرگذاری که بر متغیر اهداف سازمانی دارند وارد مدل می‌شوند. این روش در پنج مرحله متغیرهای اثرگذار را شناسایی کرده است. در مرحله اول متغیر "همراستایی" با ضریب رگرسیون ۰/۷۹۶ و ضریب تعیین ۶۳٪ به عنوان اثرگذارترین متغیر وارد مدل شده است. این متغیر به تنهایی توانسته ۶۳٪ تغییرات اهداف سازمانی را تعیین نماید. در گام دوم متغیر "ویژگی‌های محیطی" به مدل اضافه می‌شود. در این مرحله با توجه به ضریب تعیین به دست آمده دو متغیر "همراستایی" و "ویژگی‌های محیطی" با یکدیگر توانسته‌اند ۸۲٪ تغییرات اهداف سازمانی را بیان کنند. در گام سوم متغیر "همسویی با ساختار" به متغیرهای گام دوم اضافه می‌شود و هر سه متغیر با هم دیگر ۸۸٪ اهداف سازمانی را بیان می‌کنند. در گام چهارم متغیر "تشخیص حوادث" به سه متغیر قبلی اضافه می‌شود و با یکدیگر ۹۳٪ تغییرات اهداف سازمانی را تبیین می‌کند. در گام آخر متغیر "روشن بودن عملیات" به متغیرهای قبلی اضافه شده است، این پنج متغیر با یکدیگر توانسته‌اند ۹۷٪ اهداف سازمانی را توضیح دهند. با توجه به ضرایب رگرسیونی به دست آمده از گام آخر ملاحظه می‌شود بیشترین اثرگذاری

جدول ۴- نتایج رگرسیون ANOVA

| گام مدل | شرح            | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربع | آماره F | Sig.   | متغیرهای اضافه شده به مدل | ضریب رگرسیونی متغیرها | ضریب تعیین |
|---------|----------------|--------------|------------|--------------|---------|--------|---------------------------|-----------------------|------------|
| ۱       | رگرسیون خطا کل | ۲۵/۷۱        | ۱          | ۲۵/۷۱        |         |        |                           |                       |            |
|         |                | ۱۴/۸۶        | ۹۷         | ۰/۱۵۳        | ۱۶۷/۶   | <۰/۰۰۱ | همراستایی                 | ۰/۷۹۶                 | ۶۳٪        |
|         |                | ۴۰/۵۷        | ۹۸         |              |         |        |                           |                       |            |
| ۲       | رگرسیون خطا کل | ۳۳/۳۷        | ۲          | ۱۶/۶۸        |         |        |                           |                       |            |
|         |                | ۷/۱۹         | ۹۶         | ۰/۰۷۵        | ۲۲۲/۴۹  | <۰/۰۰۱ | ویژگی‌های محیطی           | ۰/۴۷۳                 | ۸۲٪        |
|         |                | ۴۰/۵۷        | ۹۸         |              |         |        |                           |                       |            |
| ۳       | رگرسیون خطا کل | ۳۵/۷۹        | ۳          | ۱۱/۹۳        |         |        |                           |                       |            |
|         |                | ۴/۷۷         | ۹۵         | ۰/۰۵۰        | ۲۳۷/۴۸  | <۰/۰۰۱ | ویژگی‌های محیطی           | ۰/۳۶۶                 | ۸۸٪        |
|         |                | ۴۰/۵۷        | ۹۸         |              |         |        | همسویی با ساختار          | ۰/۲۹۲                 |            |
| ۴       | رگرسیون خطا کل | ۳۷/۷۲        | ۴          | ۹/۴۳         |         |        |                           |                       |            |
|         |                | ۲/۸۵         | ۹۴         | ۰/۰۳         | ۳۱۰/۷۸  | <۰/۰۰۱ | ویژگی‌های محیطی           | ۰/۲۹۷                 | ۹۳٪        |
|         |                | ۴۰/۵۷        | ۹۸         |              |         |        | همسویی با ساختار          | ۰/۲۸۱                 |            |
| ۵       | رگرسیون خطا کل | ۳۹/۲۶        | ۵          | ۷/۸۵         |         |        |                           |                       |            |
|         |                | ۱/۳۱         | ۹۳         | ۰/۰۱۴        |         |        | ویژگی‌های محیطی           | ۰/۲۴۲                 |            |
|         |                | ۴۰/۵۷        | ۹۸         |              | ۵۵۹/۴۲  | <۰/۰۰۱ | همسویی با ساختار          | ۰/۲۶۲                 | ۹۷٪        |
|         |                |              |            |              |         |        | تشخیص حوادث               | ۰/۲۴۴                 |            |
|         |                |              |            |              |         |        | روشن بودن عملیات          | ۰/۲۶۴                 |            |

جدول ۵- نتایج حاصل از آزمون همبستگی اسپیرمن بین شش عامل تعیین اهداف سازمانی

| متغیرهای مستقل   | روشن بودن عملیات | هم راستایی | ویژگی‌های محیطی | همسویی با ساختار | عدم تکرار | تشخیص حوادث |
|------------------|------------------|------------|-----------------|------------------|-----------|-------------|
| روشن بودن عملیات | ۱                | ۰/۵۶۸      | ۰/۳۷۶           | ۰/۴۴۰            | ۰/۲۷۸     | ۰/۳۰۹       |
| هم راستایی       |                  | ۱          | ۰/۳۹۲           | ۰/۴۷۳            | ۰/۴۵۷     | ۰/۳۶۷       |
| ویژگی‌های محیطی  |                  |            | ۱               | ۰/۴۷۸            | ۰/۳۱۲     | ۰/۴۰۵       |
| همسویی با ساختار |                  |            |                 | ۱                | ۰/۳۵۴     | ۰/۳۴۷       |
| عدم تکرار        |                  |            |                 |                  | ۱         | ۰/۲۸۷       |
| تشخیص حوادث      |                  |            |                 |                  |           | ۱           |

بررسی عملکرد سال‌های اخیر بخش صنعت آب و فاضلاب کشورمان نشان می‌دهد که مشکل اصلی این بخش از نبود استراتژی شفاف، دقیق و اجرایی برای توسعه و سرمایه‌گذاری لازم در این بخش نشأت می‌گیرد و یکی از دلایل ناکامی شرکت‌های کوچک و متوسط نداشتن اهداف کمی و کیفی است. نتیجه کلی این پژوهش بیانگر آنست که هدف‌گذاری موفق آن است که دارای این شش مولفه باشد: "روشن بودن عملیات"، "همراستایی اهداف در همه سطوح"، "ویژگی‌های محیطی"، "همسویی با ساختار سازمان"، "عدم تکرار" و "تشخیص حوادث پیرامونی". باتوجه‌به نتایج پژوهش و براساس مفروضات آزمون دو جمله‌ای، در سطح خطای کمتر از ۱٪ می‌توان ادعا کرد ۶ عامل مورد مطالعه در هدف‌گذاری، اهمیت زیادی دارد. این نتایج با برخی از مطالعات قبلی از جمله (Hofer و همکاران، ۱۹۸۶؛ Singh و همکاران، ۲۰۰۲؛ نجات بخش و نیکوکار، ۱۳۸۸؛ مطهری، ۱۳۹۷) هماهنگی دارد. با توجه به نتایج رگرسیون، بیشترین اثرگذاری مربوط به متغیر همراستایی با ضریب رگرسیون ۰٫۳۲۱ می‌باشد. به‌طورکلی در هدف‌گذاری تدوین استراتژی باید عنوان کرد، این شش عامل از نقش مهم و موثری برخوردار هستند.

پیشنهادهای ذیل با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش به شرکت‌های اجرایی ارائه می‌شود:

۱- شرکت آب و فاضلاب استان قم برای تدوین استراتژی خود نیاز از است ابتدا بیانه مامویت و چشم‌انداز خود را ترسیم کرده و سپس بر مبنای اسناد بالادستی وزارت نیرو، اقتصاد مقاومتی و استانی به‌طور همراستا و یکپارچه اقدام نماید.

۲- سازمان‌ها در هنگام تدوین استراتژی‌های خود، از تطبیق اهداف خود با مولفه‌های: همراستایی، روشن بودن عملیات، ویژگی‌های محیطی، همسویی با ساختار، عدم تکرار و تشخیص حوادث، مطمئن باشند.

۳- مدیران ارشد سازمان زیرساخت‌های لازم برای هدف‌گذاری از قبیل تشکیل تیم‌های کاری و مشارکت کارکنان در روش‌های به‌کارگیری هدف‌گذاری سریع و گام به گام را مورد توجه قرار دهند و شرایطی فراهم آورند که استراتژی‌های سازمان قابلیت اجرا داشته باشد. به‌این‌منظور روشن بودن عملیات و عدم تکرار به عهده آنها خواهد بود.

۴- با توجه به اینکه نتایج این تحقیق در شرکت آب و فاضلاب استان قم، آزمون شده است، لذا در درجه اول این نتایج در خود شرکت آبفای استان قم تأیید شده است و قابل پیاده‌سازی است. اما باتوجه‌به اینکه دیگر شرکت‌های آب و فاضلاب اغلب ماهیت مشابهی مانند این سازمان دارند تا حدودی دستاوردهای این پژوهش برای آنها نیز قابل تعمیم خواهد بود. اما برای دیگر

دستگاه‌های اجرایی کشور به دلیل تفاوت شرایط محیطی، فرصت‌ها و چالش‌ها؛ این نتایج و استدلال‌ها قابل تعمیم نخواهد بود و لازم است متغیرها در آنجا آزمون و تأیید شوند.

۵- وجود روابط ضعیف بین مولفه‌های استخراج شده، بیانگر آن است که هر کدام از عوامل در هدف‌گذاری‌ها باید جداگانه و به‌طور جامع مد نظر باشد. زیرا منظور نکردن هر یک از آنها با این شرایط تاثیر منفی بر کل فرآیند هدف‌گذاری تدوین و جاری‌سازی استراتژی خواهد داشت.

## پی‌نوشت

- 1- David
- 2- VI gels and Roger
- 3- Robbins
- 4- Shilling
- 5- Cohen
- 6- Ansaf

## منابع

- اعرابی، س.م.، آقازاده، ه. و نظامی وند چگینی، ه. ۱۳۹۳. دستنامه برنامه‌ریزی استراتژیک، دفتر پژوهش‌های فرهنگی، تهران.
- اکبریان، م. و نجفی، س.ا. ۱۳۹۸. اولویت‌بندی اهداف استراتژیک در کارت امتیازی متوازن با تلفیق دیمتل و ای ان پی. نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، ۴(۱): ۷۴-۸۷.
- الوانی، س.م. ۱۳۹۸. مدیریت عمومی. نشر نی. چاپ پنجاه و ششم. تهران.
- پهلوانیان، ح. ۱۳۸۸. تجربه‌ای موفق از کاربرد مدیریت استراتژیک (استراتژیک). انتشارات نیکو روش. چاپ دوم. تهران.
- پیرانی، ع. ۱۳۹۸. اثربخشی برنامه آموزشی مبتنی بر هدف‌گذاری و انگیزش تحصیلی بر رضایتمندی تحصیلی دانش‌آموزان دختر دوره متوسطه دوم نظری شهر ایلام. سومین همایش ملی روانشناسی، تعلیم و تربیت و سبک زندگی دانشگاه پیام نور قزوین. قزوین.
- دیوید، آ. ف. ۱۳۹۸. مدیریت استراتژیک، (ترجمه علی پارسائیان و سید محمد اعرابی)، دفتر پژوهش‌های فرهنگی، تهران.
- رابینز، ا. پ. ۱۳۹۸. مبانی رفتار سازمانی ( ترجمه علی پارسائیان و سید محمد اعرابی )، تهران : دفتر پژوهش‌های فرهنگی.
- رضاییان، ع. ۱۳۹۵. مبانی مدیریت رفتار سازمانی. انتشارات سمت. چاپ شانزدهم. تهران.
- ره‌پیک، ح. ۱۳۸۳. هدف و هدف‌گذاری در برنامه‌ریزی ملی و استراتژیک. فصلنامه مطالعات استراتژیک، ۲: ۲۱۷-۲۳۲.



- Fremont E. Kast and James E. Rosenzweig. 1985. organization and management. Forth edition McGraw-Hill Inc. USA.
- Harrison, E. Frank 1991. Strategic control at the C. E. O. Level. International Journal of strategic management (Long Range planning) Great Britain: Pergamum Press plc, 24(6): 78-87.
- <https://www.iranmodir.com/business-failure/> (visited 9 November 2020)
- <https://www.hamshahrionline.ir/news/88682/%D9%86%D8%A8%D9%88%D8%AF>(visited 9 November 2020)
- Hofer R., Charles W., Murray E., dwin A., Charon R. P., Robert A.B., Norman A. and Millner J.R. 1986. Strategic Management: A Casebook in policy and Planning second Edition. West Publishing's. West Publ. Co. USA.
- Locke A. Edwin 1986.. generalizes from laboratory to field setting .University of Maryland. Academy of Management Review.
- Mintzberg H., Raisinghani D. and Theorem A. 1976. The structure of 'unstructured' decision processes. administrative Science Quarterly Sage Publications, 21(2): 246-275.
- Porter L., Lawler E. and Hackman R. 1975. behavior in organizations. Publisher: McGraw-Hill New York. USA.
- Rouillard L. A. 1994. Goals and goal setting .3rd Revised edition. Publisher: Kogan Page. London.
- Singh S.K., Hugh J.W. and Richard T.W. 2002. EIS support for the strategic management process. Decision Support Systems, 33: 71-85.
- Taryn C.K., Dennis A.R., Vogel D.R. Nunn maker J.F. 1992. the application of electronic meeting technology to support strategic management, MIS Quarterly, 16(3): 313-334.
- زارعی متین، ح. ۱۳۹۷. مبانی سازمان و مدیریت (رویکرد اقتضایی). انتشارات دانشگاه تهران. چاپ هفتم. تهران.
- سرلک، م.ع. و فراتی، ح. ۱۳۹۲. سیستم‌های اطلاعات مدیریت پیشرفته، انتشارات دانشگاه پیام نور. چاپ هفتم. تهران.
- شلینگ، م.ا. ۱۳۹۵. مدیریت استراتژیک نوآوری تکنولوژیک (ترجمه سید محمد اعرابی و محمد تقی‌زاده مطلق)، دفتر پژوهش‌های فرهنگی، تهران.
- طیبی، س.ج. و ملکی، م.ر. ۱۳۹۶. برنامه‌ریزی استراتژیک. انتشارات ترمه. چاپ ششم. تهران.
- علی احمدی، ع.ر. و اسدی، ک. ۱۳۸۵. کاربرد تئوری‌ها و روش‌های تجزیه و تحلیل محیطی در تنظیم نقطه تعادل استراتژی سازمانی. فصلنامه مدیریت فردا، ۱۵ و ۱۶: ۵-۱۲.
- کوبین، ج.ن.، هنری م. و رابرت ام، ج. ۱۳۸۲. مدیریت استراتژیک (فرآیند استراتژی)، (ترجمه محمد صائبی)، چاپ سوم. موسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه‌ریزی. تهران.
- کوهنو، ژ. ۱۳۸۲. تأثیر جهانی شدن بر استراتژی (ترجمه منوچهر پاپور) پژوهشکده مطالعات استراتژیک، شماره گزارش ۲-۴-۱۳۹۰-۷.
- مصلح شیرازی، ع. ن. و حیدری، ع. ۱۳۸۲. طراحی نظام ارزیابی و کنترل استراتژیک در الگوی مدیریت استراتژیک طرح‌گرا (مورد مطالعه: شرکت صنایع آذراب). مجله علوم اجتماعی و انسانی دانشگاه شیراز، ۱۹(۳۸): ۷۵-۸۶.
- مطهری، ع.ا. ۱۳۹۱. طراحی و تبیین مدلی برای کنترل استراتژیک در شرکت‌های اجرایی با مطالعه موردی شرکت آبفای قم، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد مدیریت اجرایی (استراتژیک) دانشگاه پیام نور مرکز ساوه.
- مطهری، ع.ا. ۱۳۹۷. تجربه‌ای موفق از کاربرد کنترل استراتژیک. انتشارات سلسله. چاپ اول. قم.
- نجات‌بخش اصفهانی، ع. و نیکوکار، غ.ج. ۱۳۸۸. مدل کنترل استراتژیک دستگاه‌های فرهنگی کشور. انتشارات جباری. چاپ اول. قم.
- Chirag D. 2019. "Strategy and Strategic Management" In Management for Scientists. Published online: 65-84
- Daft Richard L. 1991. Management. (The Dryden Press series in management) Chicago. USA.

Article Type: Technical paper

نوع مقاله: فنی و ترویجی

## Investigating the Barriers to Sustainable Management of Agricultural Water Resources from the Viewpoint of Wheat Farmers in Maragheh

F. Kazemiyeh<sup>1\*</sup>, A. Eidi<sup>2</sup>, Sh. Zarifian<sup>3</sup>

1,2,3- Assistant Professor, Ph.D. Student of Agricultural Development and Associate Professor, Department of Extension and Rural Development, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

\*(Corresponding Author Email: kazemiyeh@tabrizu.ac.ir)

Received: 19-10-2020

Accepted: 10-01-2021

## واکاوی موانع مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی از دیدگاه گندمکاران روستاهای شهرستان مراغه

فاطمه کاظمیه<sup>۱\*</sup>، اسماء عیدی<sup>۲</sup>، شاپور ظریفیان<sup>۳</sup>

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار، دانشجوی دکتری توسعه کشاورزی و دانشیار، گروه ترویج و توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران.

\*(نویسنده مسئول، E-Mail: kazemiyeh@tabrizu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۱

### Abstract

The purpose of this study was to investigate the obstacles to sustainable management of agricultural water resources from the perspective of wheat farmers in rural areas of Maragheh city in order to provide appropriate solutions to improve sustainable management of agricultural water resources and reduce problems. The statistical population of the study was irrigated wheat farmers in the villages of Maragheh city (N = 240), using Morgan table, the statistical sample size was 149 people. In order to obtain the samples in this study, used a proportional boundary sampling method. The questionnaire was the main research tool that was approved by resource review and the interview by design experts and its content validity. To evaluate its reliability, 30 questionnaires were completed and Cronbach's alpha value was 0.85, which indicates the acceptable reliability of the questionnaire. Using exploratory factor analysis techniques of barriers to sustainable management of agricultural water resources into seven categories of economic barriers, illegal wells and improper operation, improper management, channel characteristics, attitude and lack of technical knowledge, climate and promotion and communication were classified as explaining 67.15% of the total variance changes. The results showed that education and awareness raising, participation of farmers in resource management, financial support to farmers to optimize irrigation methods and the adoption of useful and effective laws by the government to prevent the drilling of illegal wells in The country as well as the study area will lead to better and faster realization of sustainable water resources management.

**Keywords:** Water Resources Protection, Maraghe City, Agriculture, Irrigated Wheat Farmers.

### چکیده

هدف از این تحقیق، واکاوی موانع مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی از دیدگاه گندمکاران روستاهای شهرستان مراغه، برای ارائه راهکارهای مناسب جهت بهبود مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی و کاهش مشکلات بود. جامعه آماری پژوهش گندمکاران آبی روستاهای شهرستان مراغه بودند (N=240) که با استفاده از جدول مورگان، حجم نمونه آماری ۱۴۹ نفر محاسبه شد. به منظور دستیابی به نمونه‌ها در این پژوهش، از روش نمونه‌گیری طبقه‌ای با انتساب متناسب استفاده شد. پرسشنامه ابزار اصلی پژوهش بود که با استفاده از مرور منابع و مصاحبه با صاحب‌نظران طراحی و روایی محتوایی آن مورد تأیید قرار گرفت. برای بررسی پایایی آن ۳۰ پرسشنامه تکمیل و مقدار آلفای کرونباخ آن ۰/۸۵ به دست آمد که نشان‌دهنده پایایی قابل قبول پرسشنامه بود. با استفاده از تکنیک تحلیل عاملی اکتشافی موانع مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی به هفت دسته موانع اقتصادی، چاه‌های غیرمجاز و بهره‌برداری بی‌رویه، مدیریت نامناسب، ویژگی‌های کانال، نگرش و کمبود دانش فنی، اقلیم و ترویج و ارتباطات طبقه‌بندی شدند که در مجموع ۶۷/۱۵ درصد تغییرات واریانس کل را تبیین می‌کردند. نتایج تحقیق نشان داد آموزش و افزایش آگاهی، مشارکت دادن کشاورزان در امر مدیریت منابع، حمایت‌های مالی از کشاورزان جهت بهینه‌سازی روش‌های آبیاری و تصویت قوانین مفید و موثر از سوی دولت جهت جلوگیری از حفر چاه‌های غیرمجاز در کشور و همچنین منطقه مورد مطالعه موجب تحقق بهتر و سریع‌تر مدیریت پایدار منابع آب خواهد شد.

**واژه‌های کلیدی:** حفاظت منابع آب، شهرستان مراغه، کشاورزی، گندمکاران آبی.

آب به عنوان جزئی از محیط زیست، شالوده حیات و نیز مولفه بنیادی برای هر الگوی توسعه، جایگاه محوری و بالاهمیتی در بحث توسعه پایدار دارد. کمیابی آب به عنوان یک بحران رو به افزایش در اکثر کشورهای در حال توسعه باعث شده مصرف بهینه منابع آبی و سیاست‌های مناسب آبیاری برای تشویق به حفظ و نگهداری آب اتخاذ شود. پژوهش سازمان بین‌المللی مدیریت منابع آب نشان می‌دهد، تا سال ۲۰۲۵ بسیاری از نواحی با مشکل کمبود آب شیرین مواجه خواهند شد (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۴). این شرایط برای کشورهای واقع شده در منطقه خاورمیانه مانند ایران که جز نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب شده و منابع آب محدودی دارد، وخیم‌تر است. بررسی شاخص‌های آب از جمله دو شاخص سرانه آب تجدیدپذیر و شدت تنش آبی در کشور ایران نشان‌دهنده ورود کشور به شرایط تنش آبی شدید است. سرانه آب تجدیدپذیر در دنیا ۶۰۷۹ مترمکعب است، اما به علت پراکندگی نامتناسب این منابع، منطقه خاورمیانه با سرانه ۱۵۵۹ مترمکعب در شرایط بحرانی قرار دارد. سرانه آب تجدیدشونده کشور در سال ۱۳۹۵ معادل ۱۴۵۰ مترمکعب برای هر نفر می‌باشد و پیش‌بینی می‌شود، این عدد به ۱۰۴۹ مترمکعب در سال ۱۴۲۰ خواهد رسید. بنابراین ایران در حال حاضر در مرحله تنش آبی قرار دارد (مرکز پژوهش‌های توسعه و آینده‌نگری سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۳۹۶). کمبود آب، محدودیتی برای توسعه اقتصادی همه کشورها در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌ویژه مناطقی که به شدت به کشاورزی متکی با دسترسی محدود به آب است، می‌باشد. در مقیاس جهانی، کشاورزی تاکنون مهمترین مصرف‌کننده آب بوده است. طبق پیش‌بینی‌های صورت گرفته سهم بخش کشاورزی از کل آب برداشت شده از منابع آب شیرین جهان در سال ۲۰۳۵، ۷۰ درصد خواهد بود که این رقم در کشورهای کمتر توسعه یافته از جمله ایران بیش از ۹۰ درصد خواهد بود. همچنین میزان هدررفت آب در کشور ما ۲۸ تا ۳۰ درصد است، در حالی که این مقدار اتلاف در دنیا ۹ تا ۱۲ درصد گزارش شده است (رضانژاد، ۱۳۹۵). طبق گزارش سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور بیش از دو سوم زمین‌های کشور به سرعت در حال تبدیل شدن به بیابان هستند. در حالی که تقاضای آب و اندازه جمعیت ایران گسترش یافته است و کشور با خشکسالی‌های مکرر و اثرات تغییرات آب‌وهوایی مواجه شده است (تاجری‌مقدم، ۱۳۹۷). در برخی از دشت‌ها، افت مستمر منابع آب زیرزمینی و عدم تامین آب، سبب شده بسیاری از اراضی مرغوب بلااستفاده مانده و بسیاری از باغات چندین ساله رو به نابودی روند. برداشت‌های بی‌رویه از منابع آبی به جایی رسیده است که از ۶۰۹ دشتی که در کشور وجود دارد حدود

۳۵۵ دشت، ممنوعه بحرانی<sup>۱</sup> اعلام شده است. در حالی که در سال ۱۳۴۷، دشت‌های ممنوعه کشور فقط ۱۵ دشت بوده است (مرکز پژوهش‌های توسعه و آینده‌نگری سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۹۶). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت چنانچه برنامه منسجم و منظمی برای مدیریت پایدار منابع آب به‌خصوص در بخش کشاورزی که مهمترین مصرف‌کننده آب بوده است وجود نداشته باشد، بحران آب عواقب جبران‌ناپذیری برای کشور رقم خواهد زد. بررسی‌ها نشان می‌دهد مشکل توسعه کشاورزی در ایران فقط مربوط به محدودیت آب نیست بلکه به مقدار قابل توجهی متوجه سو مدیریت و یا مدیریت نامطلوب در زمینه‌های مختلف در دو طرف عرضه و تقاضای آب و آبیاری می‌باشد. متأسفانه ایران در بین ۱۳۳ کشور جهان در رتبه‌بندی مدیریت پایدار منابع آب، بر پله ۱۳۲ قرا گرفته است (رحیمی، ۱۳۹۴).

محدودیت منابع آب تجدیدشونده و تخصیص بخش اعظم آن در امر تولید محصولات کشاورزی در مقابل رشد جمعیت و نگرانی از کمبود مواد غذایی، بر اهمیت و حساسیت مدیریت پایدار منابع آب افزوده (Howarth و همکاران، ۲۰۰۶). ضرورت توجه به مکانیزم‌ها و برنامه‌هایی برای افزایش بهره‌وری و استفاده بهینه از منابع آب در بخش کشاورزی را آشکارتر نموده است. شناسایی موانع مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی و ارائه نتایج حاصل از آن می‌تواند زمینه‌های بهینه‌سازی بهره‌برداری از آب کشاورزی، افزایش و بهبود قابلیت تولید اراضی زراعی، جلوگیری از شورشدن ذخایر آبی، ترقی و توسعه اقتصاد کشاورزی و روستایی، حفظ امنیت غذایی کشور، جلوگیری از تخلیه روستاها و پایداری مناطق روستایی را فراهم آورد.

شهرستان مراغه با وسعت ۲۱۸۵/۷ کیلومترمربع، یکی از شهرهای مهم در امر تولیدات کشاورزی در استان آذربایجان شرقی است. این شهرستان منابع آب و خاک مستعدی دارد و نقش به‌سزایی در تولید مواد و محصولات کشاورزی دارد. فعالیت عمده مردم آن کشاورزی و دامپروری می‌باشد و در تولید برخی از محصولات رتبه ممتاز در سطح کشور دارد و قطب محصولات باغی در استان آذربایجان شرقی می‌باشد. عمده محصولات زراعی منطقه را گندم، جو، نخود و محصولات باغی آن را سیب، انگور، گردو، بادام، هلو، زردآلو تشکیل می‌دهند. منابع آب زیرزمینی شهرستان مراغه شامل ۴۰۰۰ حلقه چاه و ۱۲۷ رشته قنات بوده و ۴۰۰۰ رودخانه دائمی و ۱۴۶ دهنه چشمه دارد. در حال حاضر در شهرستان مراغه حدود ۱۲۰۰۰ چاه غیرمجاز و فاقد پروانه وجود دارد که با برداشت غیرمجاز سطح آب‌های زیرزمینی را به شدت کاهش داده است (گزارش عملکرد مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان مراغه، ۱۳۹۸). این کاهش موجب خشک شدن و کاهش شدید آبدهی بسیاری از چاه‌ها و خشک شدن تعداد زیادی از چشمه‌ها و قنات و ایجاد محدودیت آبی شدید در چند ساله اخیر شده و پایداری

منابع آب تا حدود زیادی تهدید شده است و تأثیر به‌سزایی هم بر کاهش عملکرد محصول گندم در منطقه مورد مطالعه داشته است. به‌این‌ترتیب هر ساله از تعداد گندمکاران آبی کاسته شده است که با ادامه این روند در سال‌های آینده تعداد گندمکاران آبی در شهرستان مراغه به صفر خواهد رسید. بنابراین با توجه به نقش آب در فعالیت‌های کشاورزی و تأثیری که کمبود آب بر این فعالیت‌ها دارد، می‌توان دریافت بهترین گزینه برای دوام و پایداری فعالیت‌های کشاورزی در آینده استفاده کارآ از آب است. با وجود مطالعات انجام شده، تاکنون مطالعه‌ای جامع در این خصوص در شهرستان مراغه صورت نگرفته و این پژوهش به این نیاز پاسخ می‌دهد. همچنین به‌نظر می‌رسد در شهرستان مراغه مدیریت نامطلوب بیش از محدودیت نبود آب در بخش کشاورزی اثرگذار می‌باشد از این‌رو بررسی موانع مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی می‌تواند گامی مؤثر در جهت بهبود وضعیت مدیریت منابع آب و توسعه پایدار کشاورزی و روستایی آن منطقه باشد.

#### مروری بر ادبیات موضوع

پژوهش‌های متنوعی به بررسی موانع مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی پرداخته‌اند که در ادامه به برخی از موارد مرتبط اشاره می‌شود:

ابراهیمی و همکاران (۱۳۸۸) مشکلات و سازوکارهای بهبود مدیریت آب کشاورزی در تولید انگور در شهرستان تاکستان را تحلیل کردند. با توجه به نتایج کسب شده، اصلی‌ترین مشکلات مدیریت آب کشاورزی شامل هشت عامل، مشکل حفاظت و بهره‌برداری از منابع آب، عدم رعایت قوانین و مقررات، عدم همکاری مناسب بین کنشگران مدیریت منابع آب، پایین بودن سطح احساس مسئولیت نسبت به نگهداری از کانال‌های انتقال آب، مشکلات فنی در کانال‌های انتقال آب، مدیریت ناصحیح آبیاری در مزرعه، عدم برخورداری از امکانات و توان مالی و پایی‌بودن سطح تجربه و دانش کشاورزان در زمینه آبیاری باغات انگور بودند. گودرزی و همکاران (۱۳۸۸) مسائل و محدودیت‌های مدیریت آب کشاورزی را از دیدگاه کشاورزان شهرستان کرج بررسی کردند. در این پژوهش رتبه‌بندی مسائل و محدودیت‌های مدیریت آب کشاورزی از دیدگاه کشاورزان نشان داد، در زمینه استحصال، کاهش آب‌دهی منابع آب سطحی و افت سفره‌های آب زیرزمینی، در زمینه انتقال آب، قابل نفوذبودن نهرها، پوسیدگی پوشش کانال‌ها و چکه‌کردن لوله‌ها و در زمینه مصرف آب در مزرعه نیز عدم استفاده از روش‌های مکانیزه آبیاری اولویت‌های اول را به خود اختصاص دادند. براساس نتایج حاصل از تحلیل عاملی مسائل و محدودیت‌های

مدیریت آب کشاورزی در هفت عامل شامل مشکلات کمی و کیفی منابع آب، چالش‌های اقتصادی، مشکلات انتقال، عدم آگاهی کشاورزان، مدیریت ناصحیح، عدم مشارکت و مشکلات انتقال با نهرخاکی دسته‌بندی شدند. پناهی و همکاران (۱۳۹۱) موانع به‌کارگیری مدیریت بهینه منابع آب در نظام کشاورزی ایران را بررسی نمودند و مهمترین موانع به‌کارگیری مدیریت بهینه منابع آب کشاورزی را به‌ترتیب اهمیت در چهار گروه اقتصادی و مالی، برنامه‌ریزی، آموزشی ترویجی و طبیعی دسته‌بندی نمودند. حسین‌زاد و همکاران (۱۳۹۲) زمینه‌ها و سازوکارهای مدیریت آب کشاورزی در دشت تبریز را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که عدم تناسب بین تعداد چاه‌های بهره‌برداری و مساحت زمین زیرکشت، شور شدن منابع آب زیرزمینی در اثر برداشت بی‌رویه از این منابع و افت سطح آب زیرزمینی، به‌عنوان اولویت‌های اول تا سوم مشکلات مدیریت آب کشاورزی در منطقه مورد مطالعه بودند.

حسینی و همکاران (۱۳۹۴) بازدارنده‌های مدیریت منابع آب در دشت همدان را تحلیل کردند. نتایج نشان داد، بین دیدگاه کاربران و کشاورزان در ارتباط با عامل‌های بازدارنده مدیریتی، تنها عامل آموزش و ترویج تفاوت معنی‌داری وجود داشته است. ضمن آنکه از بین ویژگی‌های فردی و زراعی کشاورزان با رفتارهای مدیریتی آنها عامل‌های سن، سطح تحصیلات و میزان درآمد با رفتارهای مدیریتی کشاورزان نیز ارتباط معنی‌دار مشاهده شد. طاهرآبادی و همکاران (۱۳۹۵) موانع و مشکلات مدیریت آب کشاورزی در دستیابی به توسعه پایدار در شهرستان کنگاور و صحنه در استان کرمانشاه را تحلیل کردند. نتایج نشان داد مهمترین مسائل و مشکلات در زمینه مدیریت آب کشاورزی در دو ناحیه مورد مطالعه از دیدگاه کشاورزان شامل کاهش منابع آب سطحی، استفاده نکردن از استخر، عدم نظارت دولت بر برداشت آب از منابع زیرزمینی، حفر چاه‌های غیرمجاز، عدم رعایت حریم بین چاه‌ها و سایر موارد بوده است.

افشاری و همکاران (۱۳۹۷) عوامل تبیین‌کننده اقدامات مرتبط با مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی در شهرستان کمیجان را بررسی کردند. نتایج تحقیق نشان داد پنج عامل مدیریتی، زراعی، فنی، کنترلی و نگهداری و بازسازی در حدود ۸۳/۶۹ درصد از واریانس اقدامات مرتبط با مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی را تبیین کردند. همچنین، نتایج تحلیل عاملی نشان داد در مجموع ۶۸/۹۱ درصد از کل واریانس عوامل مؤثر بر مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی را چهار عامل دانشی حمایتی، ترویجی، مشارکتی تعاملی و استفاده از وسایل ارتباط جمعی تبیین کردند.

OECD<sup>۲</sup> (۲۰۱۰) نشان داد مدیریت پایدار آب کشاورزی دامنه گسترده‌ای از سیستم‌های کشاورزی و اقدامات (اعم



از مدیریتی، زراعی و فنی) را پوشش می‌دهد و تحت تأثیر متغیرها و عوامل پرشماری مانند عوامل سیاسی، فرهنگی، بسترهای نهادی و قانونی، اقتصادی، اجتماعی و منطقه‌ای و مالی قرار دارد. علاوه بر این تغییرپذیری اقلیمی به‌ویژه مشکلات فصلی مانند تغییرات در زمان‌بندی الگوهای بارندگی سالانه یا دوره‌ای ذوب برف، نیز از دیگر عوامل اصلی اثرگذار بر مدیریت منابع آب کشاورزی بودند. Hu و همکاران (۲۰۱۰) با هدف بررسی روش‌هایی برای صرفه‌جویی آب کشاورزی و مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی در محدوده آبیاری شیچیوانگ<sup>۳</sup> در دشت شمالی چین به این نتایج رسیدند که ۲۹/۲ درصد از کاهش در میزان آبیاری می‌تواند افت آب زیرزمینی را در دشت متوقف کند. افزون بر این، ۱۰ درصد از کاهش در پمپاژ آبیاری منجر به تأثیر قابل توجه در بازیابی آب‌های زیرزمینی خواهد شد. همچنین، نتایج تحقیق بیانگر آن است عملکرد آبیاری کشاورزان فعلی ناکارآمد بوده و اتلاف زیادی در منابع محدود آب وجود دارد. Kulmatov (۲۰۱۴) مشکلات مدیریت و استفاده پایدار از منابع آب در کشور ازبکستان را بررسی کرد. براساس نتایج تحقیق، ضعف مدیریت، عدم استفاده از فناوری‌های جدید، پایین بودن سطح دانش و آگاهی کشاورزان، عدم برگزاری دوره‌های آموزشی مرتبط و عدم حمایت کافی از سوی دولت، مهمترین مشکلات مدیریت پایدار منابع آب بودند. Bertak و Chartzoulakis (۲۰۱۵)، در بررسی مدیریت پایدار منابع آب در شرایط تغییر اقلیم نشان دادند، اقدامات کشاورزی شامل مدیریت خاک، کاهش میزان استفاده از کود و کنترل آفات و بیماری‌ها با مدیریت پایدار منابع آب در کشاورزی و حفاظت از محیط‌زیست ارتباط دارند. همچنین، نتایج این تحقیق نشان داد پذیرش مدیریت پایدار آب تنها یک مسأله تکنولوژیکی نبوده، بلکه شامل ملاحظات دیگری به‌ویژه رفتار اجتماعی جوامع روستایی و توانمندسازی و مشارکت کشاورزان در مدیریت آب، محدودیت‌های اقتصادی و چارچوب نهادی و قانونی رایج در یک منطقه نیز می‌شود.

### روش‌شناسی تحقیق

پژوهش حاضر، پژوهش کاربردی و با هدف شناسایی موانع مدیریت پایدار آب کشاورزی (از دیدگاه گندمکاران روستاهای شهرستان مراغه) با استفاده از داده‌های میدانی در سال ۱۳۹۸ انجام شد. جامعه آماری تحقیق را گندمکاران آبی شهرستان مراغه که در زمان انجام پژوهش ۲۴۰ نفر بودند تشکیل دادند. به‌منظور دستیابی به نمونه‌ها در این پژوهش، از روش نمونه‌گیری طبقه‌ای با انتساب متناسب استفاده شد. پرسشنامه ابزار اصلی پژوهش

بود که باتوجه‌به هدف پژوهش و همچنین پیشینه تحقیق و ادبیات موضوع پرسشنامه اولیه طراحی شد. سپس با استفاده از نظرات اساتید، کارشناسان جهاد کشاورزی و سازمان آب منطقه‌ای و همچنین بررسی‌های میدانی در منطقه مورد مطالعه پرسشنامه نهایی تهیه شد و روایی محتوایی آن مورد تأیید قرار گرفت. به‌منظور بررسی پایایی ابزار تحقیق ۳۰ پرسشنامه تکمیل و مقدار آلفای کرونباخ آن محاسبه شد که مقدار ۰/۸۵ به‌دست آمد، و نشان‌دهنده پایایی قابل قبول پرسشنامه می‌باشد. پرسشنامه مشتمل بر سه بخش به شرح ذیل بود؛

- در بخش اول مقدمه‌ای برای آشناسدن پاسخ دهنندگان به هدف تحقیق آورده شد،

- در بخش دوم ویژگی‌های فردی پاسخگویان مورد پرسش قرار گرفت،

- و در بخش سوم رای سنجش موانع مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی از ۳۰ سوال در قالب طیف لیکرت (پنج سطحی از خیلی کم=۱ تا خیلی زیاد=۵) استفاده شد.

برای تجزیه تحلیل آمار و داده‌های استنباطی و توصیفی از نرم‌افزار SPSS استفاده شد و از آزمون تحلیل عاملی استفاده شد. تحلیل عاملی نام عمومی است برای برخی از روش‌های آماری چند متغیره که هدف اصلی آن خلاصه کردن داده‌ها است. این روش به بررسی همبستگی درونی تعداد زیادی از متغیرها م-پردازد و در نهایت آنها را در قالب‌های عمومی محدودی دسته‌بندی کرده و تبیین می‌کند. تحلیل عاملی روشی هم‌وابسته است که در آن کلیه متغیرها به‌طور همزمان مد نظر قرار می‌گیرند. در این تکنیک هریک از متغیرها به‌عنوان یک متغیر وابسته لحاظ می‌شوند. استفاده تحلیل عاملی را به دو دسته کلی تاییدی و اکتشافی تقسیم‌بندی شده است. از تحلیل عاملی تاییدی به‌منظور پی بردن به متغیرهای زیر-بنایی يك پدیده یا تلخیص مجموعه‌ای از داده‌ها استفاده می‌شود. در تحلیل‌های عاملی تاییدی، هدف پژوهشگر تایید ساختار عاملی ویژه‌ای می‌باشد، درباره تعداد عامل‌ها به‌طور آشکار فرضیه‌های بیان می‌شود و برازش ساختار عاملی مورد نظر در فرضیه با ساختار کوارینانس متغیرهای اندازه‌گیری شده مورد آزمون قرار می‌گیرد (کلانتری، ۱۳۸۶).

در تحلیل عاملی اکتشافی که در این پژوهش استفاده شده است، پژوهشگر به دنبال بررسی داده‌های تجربی به‌منظور کشف و شناسایی شاخص‌ها و روابط بین آنها است. در اینجا پیش مدل معینی وجود ندارد. تحلیل اکتشافی وقتی به‌کار می‌رود که پژوهشگر شواهد کافی قبلی و پیش تجربی برای تشکیل فرضیه درباره تعداد عامل‌های زیربنایی داده‌ها نداشته باشد. در این مطالعه تعداد زیادی از شاخص‌ها در موارد مختلف پردازش شده و به تعداد کمتری از سازه‌های زیربنایی و شاخص‌های



مؤثر کاهش می‌یابند. در این تحقیق به منظور پالایش متغیرهای مربوط به موانع و مشکلات مورد بررسی و پی بردن به عامل‌های اصلی که مانع مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی در منطقه مورد مطالعه می‌باشند، از تحلیل عاملی اکتشافی براساس روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بهره گرفته شد. در تحلیل مولفه‌های اصلی مقدار یک در قطر ماتریس همبستگی قرار می‌گیرد و واریانس کل در تحلیل لحاظ می‌شود. در تحلیل مولفه‌های اصلی تنها عامل‌هایی که مقدار ویژه آنها بیشتر از یک باشد به عنوان عامل‌های معنی‌دار استخراج می‌شوند، بسیاری از محققان مقدار ویژه یک را مبنای تعیین تعداد عامل‌ها قرار می‌دهند.

#### یافته‌ها

باتوجه به نتایج به دست آمده میانگین سن پاسخگویان ۴۹ سال، با انحراف معیار ۱۲/۸۶ بود که دلیل آن پراکنش نسبتاً بالای سن کشاورزان بود. به لحاظ سطح تحصیلات، نزدیک به ۱۹ درصد پاسخگویان بی‌سواد و ۲۲/۸ درصد کم‌سواد (خواندن و نوشتن)، ۲۴/۲ راهنمایی و متوسطه، ۲۵/۵ درصد دیپلم و ۸/۵ درصد لیسانس و بالاتر بودند. میانگین سابقه فعالیت کشاورزان نزدیک به ۲۸ سال بود و جنسیت اکثر آنها مرد (۹۸ درصد) بودند. تمامی پاسخگویان متاهل و میانگین بعد خانوار آنان ۵ نفر با انحراف معیار ۲/۰۸ بود. براساس یافته‌های پژوهش، بیشترین مشارکت اجتماعی کشاورزان مورد مطالعه در تعاونی روستایی با ۲۴/۸ درصد، ۳/۴ درصد در شورای اسلامی روستا و ۷/۴ درصد عضو بسیج محلات و حدود ۶۴/۴ درصد از کشاورزان عضویتی در هیچ تشکل روستایی نداشتند. میانگین سطح زیرکشت کشاورزان مورد مطالعه ۸/۳۴ هکتار و اکثر پاسخگویان کمتر از ۱۰ میلیون تومان در سال درآمد داشتند.

#### • موانع مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی

آگاهی از اولویت موانع مدیریت آب کشاورزی، می‌تواند در ارائه سازوکارها جهت بهبود مدیریت آب کشاورزی مؤثر باشد. به این منظور تعداد ۳۰ گویه به کشاورزان ارائه شد. در تحلیل انجام شده، مقدار KMO برای مجموعه موانع مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی ۰/۸۳۱ به دست آمد که بیانگر مناسب بودن همبستگی متغیرهای وارد شده برای تحلیل عاملی می‌باشد. زیرا دامنه KMO بین صفر تا یک بوده و هر چه قدر این میزان به یک نزدیکتر باشد به همان میزان روایی نمونه بالاتر است. همچنین مقدار آزمون بارتلت ۱۹۳۸/۳۲۷ به دست آمد که در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تفکیک عامل‌ها به درستی انجام شده و متغیرهای هر عامل همبستگی ریشه‌ای بالایی با یکدیگر دارند.

در جدول (۱) تعداد عوامل استخراج شده، مقدار ویژه هر یک از آنها، درصد مقدار ویژه و درصد کل ارائه شده است. لازم به ذکر است برای تعیین تعداد عامل‌ها در این تحلیل از ملاک کیسِر و درصد واریانس استفاده شده است. براساس این ملاک، عامل‌هایی که مقدار ویژه آنها بزرگتر از یک است انتخاب می‌شود. در این مرحله باتوجه به ملاک‌های مذکور هفت عامل استخراج شد. از آنجایی که در تحقیقات علوم اجتماعی و انسانی تبیین ۶۰ درصد از واریانس کل توسط عامل‌ها جهت تصمیم‌گیری کفایت می‌کند هفت عامل مذکور حدود ۶۷/۱۵ درصد تغییرات واریانس کل را تبیین کردند.

جدول ۱- عامل‌های استخراج شده در خصوص موانع مدیریت پایدار منابع آب در بخش کشاورزی

| شماره عامل | عامل       | مقدار ویژه | درصد مقدار ویژه | درصدی از کل عامل‌ها |
|------------|------------|------------|-----------------|---------------------|
| ۱          | عامل اول   | ۴/۷۴۴      | ۱۴/۸۲۵          | ۲۲/۰۷۷              |
| ۲          | عامل دوم   | ۳/۶۵۱      | ۱۱/۴۰۹          | ۱۶/۹۹۰              |
| ۳          | عامل سوم   | ۲/۲۳۶      | ۱۰/۱۱۲          | ۱۵/۰۵۹              |
| ۴          | عامل چهارم | ۲/۷۹۱      | ۸/۷۲۳           | ۱۲/۹۹۰              |
| ۵          | عامل پنجم  | ۲/۵۹۵      | ۸/۱۰۹           | ۱۲/۰۷۶              |
| ۶          | عامل ششم   | ۲/۴۹۴      | ۷/۷۹۵           | ۱۱/۶۰۸              |
| ۷          | عامل هفتم  | ۱/۹۸۰      | ۶/۱۸۶           | ۹/۲۱۲               |
| جمع کل     |            | ۶۷/۱۵۹     |                 | ۱۰۰                 |

با توجه به نتایج جدول (۲) متغیرهای حفر غیرمجاز چاه‌های عمیق و تاثیر آن بر چاه‌های نیمه‌عمیق و از بین رفتن چاه‌ها، شور شدن آب‌های زیرزمینی در اثر مصرف بی‌رویه از این منابع، عدم رعایت حریم بین چاه‌ها، عدم آگاهی کشاورزان از میزان اهمیت آب‌های زیرزمینی و نتیجه روند کنونی مصرف آب در آینده، عدم نظارت دولت بر برداشت آب از منابع زیرزمینی و اتلاف و هدر رفتن آب در کانال‌های آبیاری سنتی (نفوذ آب، هدر رفتن، و ...) همگی بار عاملی بزرگتر از ۰/۵ داشتند و در مجموع با تبیین ۱۴/۸۲ درصد از تغییرات واریانس کل در عامل اول بارگذاری شدند. باتوجه به ماهیت متغیرهای موجود این عامل، چاه‌های غیرمجاز و بهره‌برداری بی‌رویه نامگذاری شد. متغیرهای ظرفیت کم کانال‌ها نسبت به میزان آب جاری و هدر رفتن آب، تبدیل زمین‌های زراعی به باغی، استفاده از روش‌های آبیاری سنتی، قطعه قطعه بودن اراضی و ناهماهنگی بین دستگاه‌های ذی‌ربط جهت مدیریت پایدار منابع آب همگی بار عاملی بزرگتر از ۰/۵ داشتند و در مجموع با تبیین ۱۱/۴۰ درصد از تغییرات واریانس کل در عامل دوم بارگذاری شدند. با توجه به متغیرهای موجود این عامل، مدیریت نامناسب نام گرفت.

چهار گویه عدم تناسب بین میزان آب چاه‌ها و سطح زیرکشت تحت پوشش چاه، رویش گیاهان در طول مسیرکانال و کمک به اتلاف آب در مسیر کانال، شیب نامناسب کانال‌ها و ریختن زباله در مسیر کانال دارای بار عاملی بزرگتر از ۰/۵ بودند که این عامل ویژگی‌های کانال نامگذاری شد. عامل سوم حدود ۱۰/۱۱ درصد از تغییرات واریانس کل را تبیین می‌کند.

عامل چهارم، که چهار متغیر دارد، حدود ۸/۷۲ درصد از واریانس تحلیل عاملی را به خود اختصاص داد و با توجه به متغیرهای واقع شده در آن، این عامل نگرش کشاورزان و کمبود دانش فنی نامگذاری شد. متغیرهایی مانند عدم اعمال تعرفه‌های مناسب برای مصرف آب در محصولات مختلف، وجود علف هرز در سطح مزرعه، عدم اعتماد کشاورزان به سیستم‌های نوین آبیاری و آبیاری در زمان‌های نامناسب در این گروه قرار دارند.

عامل پنجم متشکل از چهار متغیر، حدود ۸/۱۰ درصد از تغییرات واریانس کل را تبیین می‌کند. این عامل باتوجه‌به ماهیت متغیرهایش، عامل اقلیمی نامگذاری شد. متغیرهایی

مانند نامناسب بودن پراکنش زمانی بارندگی، نشست کردن زمین به علت کاهش آب سفره‌های زیرزمینی، کاهش بارندگی در سال و تبخیر بیش از حد آب در اواسط روز به دلیل گرمی هوا در این عامل قرار دارند.

در عامل ششم نیز چهار متغیر عدم آگاهی کشاورزان از نیاز آبی گیاه و استفاده از دور ثابت آبیاری، عدم برگزاری کلاس‌های ترویجی در خصوص مدیریت منابع آب، عدم استفاده کشاورزان از کانال‌های ارتباطی و عدم تماس مروج کشاورزی با کشاورزان بار عاملی بزرگتر از ۰/۵ داشتند، شناسایی شدند. این عامل، ترویج و ارتباطات نامگذاری شد. عامل ششم حدود ۷/۷۹ درصد از تغییرات واریانس کل را تبیین می‌کند.

عامل هفتم و آخرین عامل با تبیین حدود ۶/۱۸ درصد از تغییرات واریانس کل از سه متغیر تشکیل شده است. باتوجه‌به وجود متغیرهایی مانند کاهش سطح آب‌های زیرزمینی، کمبود توان مالی زارعین برای استفاده از سیستم‌های آبیاری نوین و عدم اختصاص اعتبارات بلندمدت از سوی دولت برای بازسازی، احیاء و بهبود سیستم‌های آبیاری، این عامل اقتصادی نامگذاری شد.

جدول ۲- متغیرهای مربوط به هر يك از عامل‌ها و ضرایب به‌دست آمده از ماتریس دوران یافته به روش واریماکس

| نام عامل   | گویه‌ها                                                                               | بارعاملی |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| عامل اول   | حفر غیرمجازچاه‌های عمیق و تاثیر آن برچاه‌های نیم عمیق و از بین رفتن چاه‌ها            | ۰/۸۰۸    |
|            | شورشدن آب‌های زیرزمینی در اثر مصرف بی‌رویه از این منابع                               | ۰/۸۲۰    |
|            | عدم رعایت حریم بین چاه‌ها                                                             | ۰/۶۸۷    |
|            | عدم آگاهی کشاورزان از میزان اهمیت آب‌های زیرزمینی و نتیجه روند کنونی مصرف آب در آینده | ۰/۸۳۰    |
|            | عدم نظارت دولت بر برداشت آب از منابع زیرزمینی                                         | ۰/۷۷۹    |
|            | هدر رفتن آب در کانال‌های آبیاری سنتی ( نفوذ آب، هدررفت، رشد علف هرز و ...)            | ۰/۶۷۲    |
| عامل دوم   | ظرفیت کم کانال‌ها نسبت به میزان آب جاری و هدررفت آب                                   | ۰/۵۶۶    |
|            | تبدیل زمین‌های زراعی به باغی                                                          | ۰/۵۹۷    |
|            | استفاده از روش‌های آبیاری سنتی                                                        | ۰/۶۳۵    |
|            | قطعه قطعه بودن اراضی                                                                  | ۰/۶۵۰    |
| عامل سوم   | ناهماهنگی بین دستگاه‌های ذی‌ربط جهت مدیریت پایدار منابع آب                            | ۰/۷۰۹    |
|            | عدم تناسب بین میزان آب چاه‌ها و سطح زیر کشت تحت پوشش چاه                              | ۰/۶۸۶    |
|            | رویش گیاهان در طول مسیرکانال و کمک به اتلاف آب در مسیرکانال                           | ۰/۷۹۷    |
|            | شیب نامناسب کانال‌ها                                                                  | ۰/۷۹۳    |
| عامل چهارم | ریختن زباله در مسیر کانال                                                             | ۰/۷۰۴    |
|            | عدم اعمال تعرفه‌های مناسب برای مصرف آب در محصولات مختلف                               | ۰/۶۸۲    |
|            | وجود علف هرز در سطح مزرعه                                                             | ۰/۷۶۸    |
|            | عدم اعتماد کشاورزان به سیستم‌های نوین آبیاری                                          | ۰/۶۷۶    |
|            | آبیاری در زمان‌های نامناسب و کم‌تاثیر                                                 | ۰/۶۵۸    |

ادامه جدول ۲- متغیرهای مربوط به هر يك از عامل‌ها و ضرایب به‌دست آمده از ماتریس دوران یافته به روش واریماکس

| نام عامل  | گویه‌ها                                                                              | بارعاملی |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| عامل پنجم | نامناسب بودن پراکنش زمانی بارندگی                                                    | ۰/۵۷۵    |
|           | نشست کردن زمین به علت کاهش آب سفره‌های زیرزمینی                                      | ۰/۶۶۱    |
|           | کاهش بارندگی در سال                                                                  | ۰/۵۶۷    |
|           | تبخیر بیش از حد آب در اواسط روز                                                      | ۰/۷۸۴    |
| عامل ششم  | عدم آگاهی کشاورزان از نیاز آبی گیاه و استفاده از دور ثابت آبیاری                     | ۰/۵۲۰    |
|           | عدم برگزاری کلاس‌های ترویجی در خصوص مدیریت منابع آب                                  | ۰/۷۱۵    |
|           | عدم تماس مروج کشاورزی با کشاورزان                                                    | ۰/۶۵۰    |
|           | عدم استفاده کشاورزان از کانال‌های ارتباطی                                            | ۰/۵۷۸    |
| عامل هفتم | کاهش سطح آب‌های زیرزمینی                                                             | ۰/۵۷۹    |
|           | کمبود توان مالی زارعین برای استفاده از سیستم‌های آبیاری نوین                         | ۰/۷۷۹    |
|           | عدم اختصاص اعتبارات بلندمدت از سوی دولت برای بازسازی، احیاء و بهبود سیستم‌های آبیاری | ۰/۶۹۹    |

- رتبه‌بندی گویه‌های موانع مدیریت پایدار منابع آب از دیدگاه کشاورزان
- نتایج حاصل از اولویت‌بندی متغیرهای مورد بررسی براساس ضریب تغییرات در جدول (۳) مشاهده می‌شود، پنج متغیر نشست کردن زمین به علت کاهش آب سفره‌های زیرزمینی، کاهش سطح
- آب‌های زیرزمینی، کاهش بارندگی در سال، عدم استفاده کشاورزان از کانال‌های ارتباطی و رویش گیاهان در طول مسیر کانال و کمک به اتلاف آب و ریختن زباله در مسیر کانال به‌ترتیب با ضریب تغییرات ۱۶/۴۳، ۱۶/۷۱، ۱۸/۴۳، ۱۸/۶۹، ۱۹/۴۹ و ۱۹/۵۲ بیشترین میزان اهمیت را از دید پاسخگویان داشتند.

جدول ۳- اولویت‌بندی گویه‌های موانع مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی از دیدگاه کشاورزان برحسب ضریب تغییرات

| اولویت | گویه                                                                                 | میانگین | انحراف معیار | ضریب تغییرات |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|--------------|
| ۱      | نشست کردن زمین به علت کاهش آب سفره‌های زیرزمینی                                      | ۴/۲۶    | ۰/۷          | ۱۶/۴۳        |
| ۲      | کاهش سطح آب‌های زیرزمینی                                                             | ۴/۱۹    | ۰/۷          | ۱۶/۷۱        |
| ۳      | کاهش بارندگی در سال                                                                  | ۳/۹۶    | ۰/۷۳         | ۱۸/۴۳        |
| ۴      | عدم استفاده کشاورزان از کانال‌های ارتباطی                                            | ۳/۹۶    | ۰/۷۴         | ۱۸/۶۹        |
| ۵      | رویش گیاهان در طول مسیر کانال و کمک به اتلاف در مسیر کانال                           | ۳/۹۵    | ۰/۷۷         | ۱۹/۴۹        |
| ۶      | ریختن زباله در مسیر کانال                                                            | ۳/۷۴    | ۰/۷۳         | ۱۹/۵۲        |
| ۷      | تبخیر بیش از حد آب در اواسط روز                                                      | ۳/۹۵    | ۰/۷۹         | ۲۰/۰۰        |
| ۸      | شیب نامناسب کانال‌ها                                                                 | ۴/۰۴    | ۰/۸۱         | ۲۰/۰۵        |
| ۹      | عدم تناسب بین میزان آب چاه‌ها و سطح زیر کشت تحت پوشش چاه                             | ۳/۷۷    | ۰/۷۶         | ۲۰/۱۶        |
| ۱۰     | کمبود توان مالی زارعین برای استفاده از سیستم‌های آبیاری نوین                         | ۴/۰۲    | ۰/۸۲         | ۲۰/۴۰        |
| ۱۱     | عدم اعمال تعرفه‌های مناسب برای مصرف آب در محصولات مختلف                              | ۳/۸۱    | ۰/۷۸         | ۲۰/۴۷        |
| ۱۲     | ناهماهنگی بین دستگاه‌های ذی‌ربط جهت مدیریت پایدار منابع آب                           | ۴       | ۰/۸۲         | ۲۰/۵۰        |
| ۱۳     | وجود علف هرز در سطح مزرعه                                                            | ۳/۸۹    | ۰/۸۰         | ۲۰/۷۲        |
| ۱۴     | عدم اعتماد کشاورزان به سیستم‌های نوین آبیاری                                         | ۳/۸۱    | ۰/۷۹         | ۲۰/۷۳        |
| ۱۵     | عدم اختصاص اعتبارات بلندمدت از سوی دولت برای بازسازی، احیاء و بهبود سیستم‌های آبیاری | ۳/۷۱    | ۰/۷۹         | ۲۱/۲۹        |
| ۱۶     | آبیاری در زمان‌های نامناسب و کم‌تأثیر                                                | ۳/۶۳    | ۰/۷۸         | ۲۱/۴۹        |

ادامه جدول ۳- اولویت‌بندی گویه‌های موانع مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی از دیدگاه کشاورزان برحسب ضریب تغییرات

| اولویت | گویه                                                                                  | میانگین | انحراف معیار | ضریب تغییرات |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|--------------|
| ۱۷     | عدم تماس مروج کشاورزی با کشاورزان                                                     | ۳/۷۳    | ۰/۸۲         | ۲۱/۹۸        |
| ۱۸     | عدم آگاهی کشاورزان از نیاز آبی گیاه و استفاده از دور ثابت آبیاری                      | ۳/۷۶    | ۰/۸۳         | ۲۲/۰۷        |
| ۱۹     | عدم آگاهی کشاورزان از میزان اهمیت آب‌های زیرزمینی و نتیجه روند کنونی مصرف آب در آینده | ۳/۴۶    | ۰/۷۷         | ۲۲/۲۵        |
| ۲۰     | هدر رفتن آب در کانال‌های آبیاری سنتی (نفوذ آب، هدررفت، رشد علف هرز و ...)             | ۳/۵۱    | ۰/۷۹         | ۲۲/۵۱        |
| ۲۱     | ظرفیت کم کانال‌ها نسبت به میزان آب جاری و هدررفت آب                                   | ۳/۴۹    | ۰/۷۹         | ۲۲/۶۴        |
| ۲۲     | عدم نظارت دولت بر برداشت آب از منابع زیرزمینی                                         | ۳/۴۶    | ۰/۷۹         | ۲۲/۸۳        |
| ۲۳     | حفر غیرمجاز چاه‌های عمیق و تاثیر آن بر چاه‌های نیم عمیق و ازبین‌رفتن چاه‌ها           | ۳/۴۱    | ۰/۷۸         | ۲۲/۸۷        |
| ۲۴     | قطعه قطعه بودن اراضی                                                                  | ۳/۵۷    | ۰/۸۳         | ۲۳/۲۵        |
| ۲۵     | عدم رعایت حریم بین چاه‌ها                                                             | ۳/۵۷    | ۰/۸۶         | ۲۴/۰۹        |
| ۲۶     | شورشدن آب‌های زیرزمینی در اثر مصرف بی‌رویه از این منابع                               | ۳/۴     | ۰/۸۲         | ۲۴/۱۲        |
| ۲۷     | عدم برگزاری کلاس‌های ترویجی در خصوص مدیریت منابع آب                                   | ۳/۵۹    | ۰/۸۸         | ۲۴/۵۱        |
| ۲۸     | استفاده از روش‌های آبیاری سنتی                                                        | ۳/۴۲    | ۰/۸۴         | ۲۴/۵۶        |
| ۲۹     | نامناسب بودن پراکنش زمانی بارندگی                                                     | ۳/۵۹    | ۰/۹          | ۲۵/۰۷        |
| ۳۰     | تبدیل زمین‌های زراعی به باغی                                                          | ۳/۳۴    | ۰/۹          | ۲۶/۹۵        |

## بحث و نتیجه‌گیری

آب کالایی باارزش و غیرقابل جایگزین در توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها است و از مؤلفه‌های مهم در حفظ تعادل و پایداری اکوسیستم و محیط‌زیست به‌شمار می‌رود که نقش محوری در توسعه سایر بخش‌ها ایفا می‌نماید. در کشورهای درحال توسعه، کشاورزی فعالیت غالب اقتصاد بسیاری از مناطق روستایی است و اکثریت خانوارهای روستایی به‌طور مستقیم از بخش کشاورزی امرار معاش می‌کنند. علاوه‌برآن، کشاورزی ارتباط تنگاتنگی با اقتصاد کشور دارد و بخش جدایی‌ناپذیر اقتصاد ملی است. بخش کشاورزی هر کشور به علت ماهیت بیولوژیکی آن و وابستگی شدید به طبیعت بزرگترین مصرف‌کننده منابع آب محسوب می‌شود. در ایران نیز ۹۲ درصد آب مصرفی در بخش کشاورزی استفاده می‌شود. نتایج تحقیقات انجام شده از سوی سازمان خوار و بار کشاورزی در ۹۳ کشور در حال توسعه نشان می‌دهد، ذخیره منابع آبی در این کشورها در حال کاهش است، درحالی‌که جایگزینی این منابع امکان‌پذیر نیست و ۱۰ کشور در شرایط بحرانی قرار دارند که ایران نیز یکی از این کشورها محسوب می‌شود. ادامه این روند پایداری کشاورزی را که آب به‌عنوان محدودترین عامل تولید در آن محسوب می‌شود با خطر جدی مواجه کرده

است. بنابراین فعالان این بخش اقتصادی باید سازوکارهای لازم برای تعدیل و بهینه‌نمودن مصرف آب را سرلوحه تصمیمات خود قرار دهند. با عنایت بر اهمیت موضوع، هدف اصلی این تحقیق واکاوی موانع مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی (مطالعه موردی گندمکاران روستاهای شهرستان مراغه) بود. تا بتوان با شناسایی این عوامل راهکارهای لازم را به سیاستگذاران و برنامه‌ریزان برای کاهش مشکلات و بهبود مدیریت در این خصوص ارائه نمود. یافته‌های حاصل از تحقیق نشان داد موانع مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی به هفت دسته موانع اقتصادی، چاه‌های غیرمجاز و بهره‌برداری بی‌رویه، مدیریت نامناسب، ویژگی‌های کانال، نگرش و کمبود دانش فنی، اقلیم و ترویج و ارتباطات طبقه‌بندی شدند. نتایج حاصل از انجام تحلیل عاملی در خصوص مسائل و مشکلات مدیریت پایدار منابع آب در مطالعات محمدی و همکاران (۱۳۸۸)؛ گل‌محمدی (۱۳۹۱)؛ پناهی و همکاران (۱۳۹۱)؛ حسین‌زاد و همکاران (۱۳۹۲)؛ باقری و همکاران (۱۳۹۲)؛ عربی و همکاران (۱۳۹۳)؛ رضادوست و الهیاری (۱۳۹۳) و رضائزاد (۱۳۹۵) مورد تایید قرار گرفته است. پیشنهادات ذیل جهت حذف موانع مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی در منطقه مورد مطالعه براساس نتایج ارائه می‌شوند:

۱- با توجه به اینکه یکی از مهمترین مشکلات منطقه مورد مطالعه مانند برخی از مناطق دیگر کشور، حفر چاه‌های

غیرمجاز و عدم رعایت حریم و فاصله قانونی لازم در احداث چاه‌ها است، همین امر علاوه بر کاهش میزان آب چاه‌ها زمینه اختلاف بین بهره‌برداران در منطقه می‌باشد. کشاورزانی که چاه‌های غیرمجاز حفر کرده‌اند به این موضوع توجه نداشته اما تمایل، نگرانی و درخواست اکثریت کشاورزان برای رعایت حریم قانونی چاه‌ها و از بین بردن چاه‌های غیرمجاز تا حد زیادی وجود داشت. از این رو در اولین گام، دخالت دولت و پیرو آن مدیران و برنامه‌ریزان منطقه در تلاش برای مدیریت پایدار آب اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. که این امر علاوه بر پایداری منابع آب، باعث ایجاد رغبت بیشتری در بهره‌برداران در به‌کارگیری اقدامات مرتبط با مدیریت پایدار منابع آب در کشور و منطقه خواهد شد. با توجه به نتایج تحقیق و تعداد چاه‌های غیرمجاز حفر شده در منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود، توجه جدی‌تری از سوی هم‌کارشناسان و هم کشاورزان صورت گیرد تا افت سطح آب زیرزمینی تا حدودی جبران شود و از مشکلات بعدی کاسته شود، همچنین دولت و سازمان‌های متولی امر مصرف آب کشاورزی، قوانین مفید و موثری را در جهت بهبود مصرف آب به تصویب رسانده و از حفر چاه‌های غیرمجاز بعد از این تاریخ به شدت جلوگیری کرده و چاه‌های غیرمجاز حفر شده قبلی را نیز با رعایت جوانب احتیاط مسدود کنند. همچنین نصب کنتور هوشمند به صورت کامل جز اولویت‌های فوری برنامه‌ریزان و مدیران منطقه مورد مطالعه باشد.

۲- مدیریت پایدار منابع آب بدون مشارکت و همراهی کشاورزان امکان‌پذیر نیست. براین اساس، افزایش دانش و آگاهی کشاورزان و تلاش برای فرهنگ‌سازی و آگاهی‌بخشی در استفاده از منابع آب من جمله برگزاری کارگاه‌های آموزشی، اطلاع‌رسانی و افزایش آگاهی در قالب فصلنامه، نشریه، سخنرانی، استفاده از رسانه‌های عمومی (رادیو، تلویزیون، اینترنت) و ارسال پیامک باید در سیاست‌ها و برنامه‌های مدیران هم در کشور و هم در منطقه باشد.

۳- بسترسازی لازم برای ایجاد تشکلهایی مانند تعاونی‌های آب‌بران، تشویق کشاورزان به انجام کارگروهی و افزایش سرمایه اجتماعی و مشارکت دادن کشاورزان در امر مدیریت آب و واگذاری مسئولیت‌های مختلف به خود آن‌ها تحقق بهتر و سریع‌تر مدیریت پایدار منابع آب را فراهم خواهد آورد.

۴- فقدان نظام مالی و اعتباری برای پرداخت مساعده به کشاورزان از سوی دولت و نبود بنیه مالی قوی کشاورزان از مهمترین موانع مدیریت بهینه منابع آب به‌شمار می‌روند. با توجه به اینکه مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی در سطح مزرعه نیازمند فراهم‌سازی برخی امکانات به‌ویژه ایجاد شبکه‌های نوین آبیاری و یا نوسازی این شبکه‌ها در سطح

مزرعه می‌باشد، بدیهی است که این فعالیت‌ها بدون ارائه حمایت‌های لازم از سوی دولت به‌ویژه اعطای تسهیلات و اعتبارات به بهره‌برداران محلی با دشواری و کندی مواجه خواهد شد. بنابراین دولت با حمایت‌های مالی و اتخاذ سیاست‌های ملی و کارآمد همه کشاورزانی را که با کمبود اعتبارات مواجه هستند در به‌کارگیری اقدامات مرتبط با مدیریت پایدار منابع آب (اعم از ارائه تسهیلات اعتباری بلند مدت با نرخ بهره پایین به کشاورزان جهت خرید سیستم‌های نوین آبیاری، تعمیر و نگهداری کانال‌های انتقال آب و...) حمایت نماید. کشاورزان نیز با ایجاد تشکلهای مردمی و خودجوش به تمیزکردن جوی‌ها و سیمانی‌نمودن مسیر کانال‌های انتقال آب بین مزارع اقدام نمایند تا از هدررفت آب جلوگیری به عمل آید.

۵- همچنین پیشنهاد می‌شود برای بهینه‌سازی روش‌های آبیاری و اصلاح ساختار آبیاری سنتی در مزارع و باغات، دولت با افزایش آگاهی در مورد نتایج اقتصادی، محیط‌زیستی و اجتماعی راهبرد تلفیق یکپارچه‌سازی اراضی زراعی به ایجاد انگیزه در بهره‌برداران جهت تسریع در پذیرش این طرح و جلوگیری از تفکیک اراضی و خرده‌مالکی اقدام کند.

۶- کارگروهی شامل متخصصان دانشگاهی، کارشناسان جهاد کشاورزی و نمایندگان مردم تشکیل شود تا بتوان با بحث و تبادل نظر مهمی ذی‌نفعان و متخصصان به راهکارهای عملی و قابل قبولی برای مدیریت پایدار آب دست یافت.

## پی‌نوشت

۱- دشت ممنوعه‌ای که در آن، سطح آب سفره زیرزمینی یا کیفیت آب آبخوان به‌طور مستمر افت دارد و براساس قوانین تعیین شده اجازه حفر چاه جدید و تخلیه اضافه داده نمی‌شود.

2- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)

3-Shijiazhuang

## منابع

ابراهیمی، س.، شعبانعلی فمی، ح.، دانشور عامری، ژ. و قاسمی، ج. ۱۳۸۸. تحلیل مشکلات و سازوکارهای بهبود مدیریت آب کشاورزی در تولید انگور در شهرستان تاکستان. مجله ترویج و اقتصاد کشاورزی، ۲(۱): ۴۴-۳۱.

افشاری، س.، رضائی، ر.، قلی‌زاده، ح. و شعبانعلی فمی، ح. ۱۳۹۷. تحلیل عوامل تبیین‌کننده اقدامات مرتبط با مدیریت پایدار منابع آب کشاورزی شهرستان کمیجان. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۸(۱): ۲۸۵-۲۶۷.



باقری، م.، محمدی، ح.، نوری، غ.ر. و میر، ب. ۱۳۹۲. عوامل تعیین کننده استفاده پایدار از منابع آب در استان کهگیلویه و بویر احمد. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۵(۱): ۵۱-۶۴.

پناهی، ف.، ملک محمدی، ا. و چیدری، م. ۱۳۹۱. تحلیل موانع به کارگیری مدیریت بهینه منابع آب در نظام کشاورزی ایران. فصلنامه روستا و توسعه، ۱۵(۴): ۲۳-۴۱.

تاجری مقدم، م. ۱۳۹۷. تحلیل رفتار صرفه جویی در مصرف آب کشاورزی مطالعه موردی دشت نیشابور. رساله دکتری توسعه کشاورزی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

حسنی، ن. یداللهی، پ. مرتضوی، ا. ظهرابی، ب. و زارع، ح. ۱۳۹۴. تحلیل بازدارنده های مدیریت منابع آب (مطالعه موردی: دشت همدان بهار). نشریه کشاورزی بوم شناختی، ۵(۲): ۹۸-۱۰۸.

حسین زاده، ج.، کاظمیه، ف.، جوادی، ا. و غفوری، ه. ۱۳۹۲. زمینه ها و سازوکارهای مدیریت آب کشاورزی در دشت تبریز. نشریه دانش آب و خاک، ۲۳(۲): ۵۸-۹۸.

رحیمی، ز. ۱۳۹۴. بررسی عوامل موثر بر مدیریت پایدار آب در بین کشاورزان چغندرکار شهرستان کوهدشت. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده آبادانی و توسعه روستاها، موسسه آموزش عالی عمران و توسعه.

رضادوست، ب. و الهیاری، م. ۱۳۹۳. عوامل موثر بر مدیریت بهینه آب کشاورزی از دیدگاه کشاورزان. مجله مطالعات جامعه علوم کشاورزی، ۱۳: ۱۵-۲۱.

رضانژاد اصل، ا. ۱۳۹۵. شناسایی نحوه مدیریت منابع آب کشاورزی توسط باغداران شهرستان مراغه و تمایل آن ها به استفاده از روش های مدیریت پایدار منابع آبی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان.

طاهرآبادی، ف.، معتمد، م.ک. و خالدیان، م.ر. ۱۳۹۵. تحلیل موانع و مشکلات مدیریت آب کشاورزی در دستیابی به توسعه پایدار مورد: شهرستان های کنگاور و صحنه در استان کرمانشاه. مجله اقتصاد فضا و توسعه روستایی، ۵(۱۷): ۵۷-۷۰.

عربی، ر.، میرک زاده، ع.ا. و زرافشانی، ک. ۱۳۹۳. تحلیل عوامل بازدارنده انتقال مدیریت شبکه آبیاری به بهره برداران: مورد مطالعه دهستان میان دربند. فصلنامه راهبردی توسعه روستایی، ۱(۴): ۱۱۹-۱۳۰.

کلانتری، خ. ۱۳۸۶. پردازش و تحلیل داده ها در تحقیقات اجتماعی-اقتصادی. تهران: نشر شریف. چاپ دوم، تهران.

گزارش عملکرد مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان مراغه. ۱۳۹۸. سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی.

گل محمدی، ف. ۱۳۹۱. نقش آموزش کشاورزان و اقدامات

ترویجی در بهره وری و مدیریت مصرف آب، فصلنامه مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، ۹(۳۵): ۵۷-۵۰.

گودرزی، س.، شعبانعلی فمی، ح.، موحد محمدی، ح. و جلال زاده، م. ۱۳۸۸. بررسی عوامل فردی و حرفه ای تأثیرگذار بر ادراک کشاورزان شهرستان کرج نسبت به مشکلات مدیریت آب کشاورزی. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۳(۲): ۵۵-۶۲.

محمدی، ی.، شعبانعلی فمی، ح. و اسدی، ع. ۱۳۸۸. تحلیل مؤلفه های مؤثر بر مدیریت آب کشاورزی در شهرستان زرین دشت از دیدگاه کشاورزان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۶(۲): ۱-۱۱.

مرکز پژوهش های توسعه و آینده نگری. ۱۳۹۶. سازمان برنامه و بودجه، بحران آب و امکان سنجی اتصال پهنه های آبی شمال و جنوب کشور.

میرزایی، م.، خداشناس، س.، داودی، م. و داوری، ک. ۱۳۹۴. مدیریت آب سدهای زیرزمینی بر پایه شبیه سازی عددی مطالعه موردی: سد زیرزمینی راور کرمان. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۲(۴): ۳۸۱-۳۹۰.

Chartzoulakis K. and Bertak M. 2015. Sustainable water management in agriculture under climate change. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 4(1): 88-98.

Howarth S.E., Parajuli U.N., Baral J.R., Nott G.A., Adhikari B.R. Gautam D.R. and Menuka K. C. 2006. Promoting good governance of water users' associations in Nepal. Department of Irrigation of His Majesty's Government of Nepal.

Hu Y., Paul Moiwo J., Yang Y. Han S. and Yang Y. 2010. Agricultural water- saving and sustainable ground-water management in Shijiazhuang irrigation district, North China Plain. Journal of Hydrology, 393: 219-232.

Kulmatov R. 2014. Problems of sustainable use and management of water and land resources in Uzbekistan. Journal of Water Resource and Protection, 6(2): 35-42.

Organisation for Economic Co operation and Development (OECD). 2010. Sustainable management of water resources in agriculture. OECD, www. Oecd. Org/water.

Article Type: Applied/Case Study

نوع مقاله: کاربردی/مطالعه موردی

## Recognition and Prioritization of the Economic, Social and Environmental Consequences of Drying of Lake Urmia in the Surrounding Villages

M. Amini<sup>1\*</sup>, H. Kouhestani<sup>2</sup>, F. Kazemiyeh<sup>3</sup>

1,2,3- M.Sc. Graduate of Rural Development, Associate Professor and Assistant Professor, Extension and Rural Development, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Iran.

\*(Corresponding Author Email: aminihakan@gmail.com)

Received: 03-09-2020

Accepted: 19-11-2020

## شناخت و اولویت‌بندی پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی خشک‌شدن دریاچه ارومیه در روستاهای پیرامون

مهدی امینی<sup>۱\*</sup>، حسین کوهستانی<sup>۲</sup>، فاطمه کاظمیه<sup>۳</sup>

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد توسعه روستایی، دانشیار و استادیار، گروه ترویج و توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران.

\*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: aminihakan@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۹

### Abstract

This research is an applied studies and the research method is descriptive-survey type and in order to achieve the goal, a causal-comparative method was used. The statistical society of this study consisted of experienced experts and specialists in the field of Lake Urmia. The sampling method was snowball. The research instrument was a questionnaire whose validity was confirmed based on and the opinions of professors and experts. Cronbach's alpha coefficient was used to determine the degree of reliability and was calculated separately for each of the economic, social and environmental indicators. Data were analyzed by SPSS software. In addition to descriptive statistics, inferential statistics such as comparative tests were used. The results showed that the drying of Lake Urmia has affected the economic, social and environmental situation of the surrounding villages. Also, the results of (AHP) showed that in order to prioritize the economic, social and environmental consequences of the drying of Lake Urmia, the environmental consequence with an average final weight of 7.407 is the most important, the social consequence with an average final weight of 2.623 has secondary importance and economic consequence With an average final weight of 1.393 has third importance. Therefore, in order to prevent the environmental catastrophe and its devastating consequences, it is suggested that urgent measures be taken to save Lake Urmia by government officials, scientific centers and experts using all domestic capacities and international assistance to prevent a recurrence of the environmental catastrophe. The Aral Sea biodiversity in this area of the country should be prevented.

**Keywords:** Crisis, Social Consequence, Economic Consequence, Environmental Consequence, Lake Urmia.

### چکیده

این پژوهش از نوع مطالعات کاربردی بوده و روش پژوهش از نوع توصیفی-پیمایشی می‌باشد و به‌منظور دستیابی به هدف از روش علی-مقایسه‌ای استفاده شد. جامعه آماری این پژوهش را کارشناسان و متخصصان باتجربه در زمینه‌ی مسائل دریاچه ارومیه تشکیل دادند. روش نمونه‌گیری هدفمند از نوع گلوله برفی بود و ابزار تحقیق، پرسشنامه و روایی آن براساس نظرات اساتید و کارشناسان تأیید شد. برای تعیین میزان پایایی از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد و برای هریک از شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی به‌صورت مجزا محاسبه شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق نرم‌افزار SPSS صورت گرفت، علاوه‌بر آمار توصیفی، از آمار استنباطی نظیر آزمون‌های مقایسه‌ای استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد خشک‌شدن دریاچه ارومیه بر وضعیت اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی روستاهای پیرامون تأثیر گذاشته است. همچنین نتایج حاصل از تحلیل سلسه‌مراتبی (AHP) برای اولویت‌بندی پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی خشک‌شدن دریاچه ارومیه نشان داد، پیامد محیط‌زیستی با میانگین وزن نهایی ۷/۴۰۷ بیشترین اهمیت، پیامد اجتماعی با میانگین وزن نهایی ۲/۶۲۳ در درجه دوم اهمیت و پیامد اقتصادی با میانگین وزن نهایی ۱/۳۹۳ در درجه سوم اهمیت قرار گرفت. بنابراین پیشنهاد می‌شود به‌منظور جلوگیری از فاجعه محیط‌زیستی و بروز پیامدهای تخریب‌کننده آن اقدامات عاجل در نجات دریاچه ارومیه توسط مسئولین دولتی، مراکز علمی و افراد خبره با بهره‌گیری از تمامی ظرفیت‌های داخلی و کمک‌های بین‌المللی انجام گیرد تا از تکرار فاجعه محیط‌زیستی دریاچه آرال در این منطقه از کشور جلوگیری شود.

**واژه‌های کلیدی:** بحران، پیامد اجتماعی، پیامد اقتصادی، پیامد محیط‌زیستی، دریاچه ارومیه.

دریاچه ارومیه بزرگترین آبگیر دائمی آسیای غربی و دومین دریاچه بزرگ شور در جهان است و در شمال غرب ایران قرار گرفته است. این دریاچه با طول ۱۳۵ کیلومتر با وسعتی بین ۵۰۰۰ تا ۶۰۰۰ کیلومتر مربع به عنوان بزرگترین دریاچه داخلی ایران و بیستمین دریاچه جهان اهمیت ویژه‌ای دارد. دریاچه ارومیه یکی از زیستگاه‌های منحصربه‌فرد جهان به شمار می‌رود، از نظر اقتصادی جایگاه ویژه‌ای دارد و از نظر محیط زیست محیط زیستی دارای مناظر بسیار ارزشمندی است. دریاچه ارومیه ذخیره نمکی بسیار عظیمی را در دل خود جای داده و خواص پزشکی، دارویی و ویژگی‌های درمانی لجن‌های آن بر کسی پوشیده نیست. علاوه بر این، دریاچه ارومیه دما و رطوبت منطقه را متعادل کرده و یک مکان مناسب برای فعالیت‌های کشاورزی فراهم می‌نماید (Rahmani و Zarghami، ۲۰۱۷).

تالاب‌ها و به خصوص دریاچه‌ها به عنوان منابع آبی ارزشمند از نظر اکولوژیکی و اقتصادی در ابعاد منطقه‌ای و یا بین‌المللی می‌توانند مطرح شوند و برای کاربری‌های گوناگون مانند تامین آب، تغذیه آب‌های زیرزمینی، مهار سیلاب، رسوب‌گیری، نگهداری مواد مغذی، تولید انرژی، حمل و نقل آبی، تحقیقات علمی، ارزش‌های فرهنگی، گردشگری و توریسم انسان بسیار موثر باشند. با این وجود، این اکوسیستم‌های غنی در معرض تهدیدهای متعددی قرار دارند و طی سال‌های اخیر به دلیل گسترش مخاطرات متعدد با مشکلات زیادی مواجه شده‌اند. از سوی دیگر، بسیاری از آن‌ها به دلیل عوامل مختلف طبیعی و انسانی با سرعت قابل ملاحظه‌ای با کاهش سطح روبه‌رو شدند و این فرآیند همچنان ادامه دارد، به نحوی که در یک قرن اخیر در حدود ۵۰ درصد دریاچه‌ها و تالاب‌ها از بین رفته و نابود شدند (Behrouzirad، ۲۰۰۷).

از بین رفتن دریاچه‌ها و تالاب‌ها به خصوص دریاچه‌های داخلی تهدید اساسی برای مناطق روستایی و بخش کشاورزی به شمار می‌رود، این تهدیدها شامل کاهش درآمد کشاورزان، افزایش فشار روحی و بیماری‌های روانی، کاهش فرصت‌های شغلی برای کارگران بخش کشاورزی، کاهش توان بازپرداخت‌های وام‌های کشاورزی، کاهش درآمد ارزی دولت به دلیل کاهش صادرات محصولات کشاورزی، افزایش بهای مواد غذایی اصلی مردم، افزایش نرخ تورم در جامعه و هزینه‌های اجتماعی ناشی از مهاجرت که باعث از هم پاشیدگی اجتماعی و خانوادگی می‌شود (Manouchehri، ۲۰۰۱).

متأسفانه دریاچه ارومیه در حال حاضر درگیر مسائل و تهدیدات زیادی از جمله تشدید فعالیت‌های کشاورزی، آبیاری، احداث پروژه‌های متعدد توسعه منابع آب، افزایش آلودگی ناشی از

فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی و شهری، بهره‌برداری ناپایدار از منابع دریاچه و وقوع خشک‌سالی‌های شدید در سال‌های اخیر از دغدغه‌ها و تهدیدات اصلی این دریاچه به شمار می‌رود (Nouri و همکاران، ۲۰۱۷). براساس آمارهای موجود حدود ۹۰ درصد مساحت دریاچه ارومیه در بین سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۵ از دست رفته است (آل‌شیخ و همکاران، ۱۳۸۳) و بیش از دو سوم از وسعت آبی آن به شوره‌زار تبدیل شده است که میزان غلظت نمک آن به بیش از ۴۰۰ گرم در لیتر رسیده است. نقشه‌برداری تغییرات خط ساحلی برای دریاچه ارومیه در سال ۱۹۸۹، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۱ نشان داد، کاهش زیاد در عمق آب دریاچه (۳ متر) تنها در فاصله سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۱ اتفاق افتاده است (Abbaspour و همکاران، ۲۰۱۲). روند خشک شدن دریاچه ارومیه از سال ۱۳۸۰ آغاز شد، در سال‌های اخیر این دریاچه زوال بسیار سریعی از جمله کاهش آب تا ۶ متر را تجربه کرد (Nouri و همکاران، ۲۰۱۷). به طوری که سطح تراز روزانه دریاچه ارومیه از ۱۲۷۸/۰۲ متر در سال ۱۳۷۴ به ۱۲۷۰/۰۴ متر در شهریور ۱۳۹۶ (ستاد احیای دریاچه ارومیه، ۱۳۹۶) و حوضه آن از حدود ۵۱۷۸۶ کیلومتر مربع در دهه ۱۹۹۰ به کمتر از ۹۵۰ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۷ رسیده است (Hesami و Amini، ۲۰۱۷).

در سواحل دریاچه ارومیه به راحتی نمک‌زارها و کوه‌های نمکی مشاهده می‌شود که طی چند سال اخیر بر وسعت آنها افزوده شده است. کارشناسان معتقدند کوچک شدن مساحت دریاچه هشدار مهمی است، زیرا شوره‌زاری حاصل از این عقب نشینی، تمام اراضی، مزارع و نواحی مسکونی و آبادی‌های اطراف را تهدید می‌کند. با وزش باد، نمک موجود در شوره‌زارهای پدید آمده به سوی این اراضی و نواحی مسکونی منتشر شده و این موجب خشک‌سالی می‌شود و تأثیر مستقیمی بر منطقه، سلامت مردم و افزایش مهاجرت به شهرها خواهد داشت. علاوه بر محیط طبیعی، خشک شدن دریاچه ارومیه بر محیط اقتصادی و اجتماعی منطقه هم تأثیر گذار است، به نحوی که در سال‌های اخیر تداوم روند صعودی کاهش آب دریاچه منجر به تخریب اقامتگاه‌ها، مجتمع‌های تفریحی و مسکونی، تخریب زیر ساخت‌های ساحلی، کاهش تولیدات کشاورزی، بیکاری ساکنان محلی، کاهش روند ورود گردشگران و کاهش درآمد دریافتی منطقه از صنعت گردشگر (اصغری و همکاران، ۱۳۹۲)، سرمازدگی محصولات کشاورزی، تلفات دام‌های روستائیان، افزایش سرطان دستگاه تنفسی و گوارش انسان، مشکلات و بیماری‌های پوستی، کاهش کیفیت خاک و افزایش شوری آن، افت شدید آب سفره‌های زیرزمینی تخلیه روستاها و مهاجرت به مناطق شهری و بروز ناهنجاری‌های اجتماعی شده است (سلیمی‌ترکمانی، ۱۳۹۰).

امروزه مسئله خشک شدن دریاچه ارومیه یکی از موضوعات چالش برانگیز در سطح ملی محسوب می‌شود. فارغ از علل و عوامل ایجاد

این معضل، بررسی آثار و پیامدهای این پدیده در کوتاه مدت می‌تواند راه‌گشای بسیاری از اختلافات موجود باشد (خوش اخلاق و همکاران، ۱۳۹۲). لازم به ذکر است بیش از ۳۶ شهر و ۳۱۵۰ روستا با جمعیتی بالغ بر ۵ میلیون نفر در حوضه آبریز دریاچه سکونت دارند و تعداد ۹ شهر و ۲۵۰ روستا با حدود ۷۰۰,۰۰۰ نفر جمعیت در ناحیه اکولوژیک دریاچه واقع شده است، بیش از ۶۰ درصد این جمعیت در روستاها ساکن هستند و معیشت عمده آنها در بخش کشاورزی و دامداری است (وفائیان و همکاران، ۱۳۹۵).

بحران‌های پیش‌بینی نشده می‌تواند کلیه فعالیت‌های انسانی را تحت‌تأثیر قرار داده و در صورت بی‌توجهی تا سالیان زیاد ادامه یابد و تلفات جانی و مالی و آسیب‌های جدی سیاسی-امنیتی، آسیب‌های جسمی، روحی و روانی را بر مردم منطقه وارد کند. بسیاری از حوادث و رویدادهای آینده قابل پیش‌بینی هستند، درحالی‌که مشکلات حال حاضر ناشی از عدم شناخت آینده‌ای است که «زمان حال» نامیده می‌شود. به بیان روشن‌تر، بحران‌ها و مشکلات کنونی، موجه‌ترین دلیل برای اندیشیدن پیرامون آینده است و ناگفته پیداست بحران‌های امروز نتیجه قهری نپرداختن به موانع و مشکلات قبل از بروز آن‌ها به شکل بحران است (زالی، ۱۳۸۸). شناسایی و بررسی پیامدهای طبیعی و انسانی رابطه مستقیمی با زندگی و مرگ موجودات زنده دارد، به همین دلیل تأثیر فراوانی بر جامعه انسانی و محیط‌زیست دارد. لازم به ذکر است شناسایی عوامل کلیدی و پیامدهای آن جهت انتخاب راهکارهای مناسب برای مقابله درست با آن مستلزم تلاش همگانی است که با بحث و بررسی فراوان و مدیریت صحیح میسر می‌شود تا میزان آمار تخریبی آن کاهش یابد. لزوم شناسایی و اولویت‌بندی بحران‌های حاصل از خشک‌شدن دریاچه ارومیه در راستای جلوگیری از به‌وجود آمدن بحران‌های سیاسی-امنیتی، از جمله بایستگی‌ها و شایستگی‌های اساسی درجهت پرداختن به چنین موضوع و تحقیقی است.

خشک شدن دریاچه‌ها اثرات منفی زیادی بر روی جوامع انسانی خواهد داشت. از مهمترین اثرات آن تخریب محیط‌زیست می‌باشد و در آسیب‌پذیری بخش کشاورزی نقش اساسی بازی می‌کند. همچنین نقش عمده‌ای در عدم توسعه بخش کشاورزی و افزایش هزینه‌های اقتصادی دارد که پژوهش‌های متنوعی از زوایای گوناگون وضعیت دریاچه ارومیه به‌خصوص خشکسالی‌های شدید چند سال اخیر این دریاچه و همچنین پیامدهای ناشی از آن را بررسی و هر یک از تحقیقات از ابعاد مختلفی این مسئله را دنبال کردند.

فراوانی و صفاری (۱۳۹۳) تأثیر بحران کاهش آب دریاچه ارومیه در پایداری سکونتگاه‌های روستایی در بخش گوگان با استفاده از آزمون t تک نمونه‌ای نشان دادند، وضعیت ابعاد توسعه پایدار روستایی در بخش گوگان شهرستان آذرشهر در سطح مطلوبی قرار ندارد. به‌طوری‌که همه ابعاد مورد

بررسی بالاتر از مطلوبیت عددی (۳) ارزیابی و برآورد شده است که نشان‌دهنده پایین بودن سطح درآمد حاصل از فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد. یافته‌ها نشان داد تأثیرگذاری منفی آب دریاچه ارومیه در سطح زیاد در بعد اقتصادی و محیط‌زیست‌زیستی و تأثیرگذاری خیلی کم در بعد کالبدی داشته است. همچنین نتایج نشان داد وزش طوفان و بادهای شدید به‌تدریج موجب انتقال نمک به مزارع کشاورزی محدوده مورد مطالعه شده و این امر منجر به کاهش سطح زیرکشت محصولات کشاورزی، کاهش درآمدهای متنوع و پایدار روستاییان، کاهش تولید در سطح دهستان‌ها، کاهش اشتغال مولد، از رونق افتادن صنایع جانبی، تبدیلی و وابسته به کشاورزی، افزایش میزان شوری اراضی کشاورزی و غیره شده و در نتیجه تضعیف ابعاد توسعه پایدار روستایی در ابعاد چهارگانه شده است.

بارانی‌پسیان و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی تحلیل روند خشک‌شدن دریاچه ارومیه و مهمترین‌مهمترین تأثیرات آن بر سکونتگاه‌های پیرامونی به این نتیجه دست یافتند در صورت خشک‌شدن دریاچه ارومیه، سکونتگاه‌های پیرامون با زیان‌های جبران‌ناپذیر محیط‌زیست‌زیستی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی امنیتی روبه‌رو خواهند شد. پیامدهای محیط‌زیست‌محیط‌زیستی، مهمترین‌مهمترین پیامدها و علت پیامدهای اجتماعی، اقتصادی و سیاسی امنیتی خواهد بود. همچنین یافته‌ها نشان داد از بین زیرمعیارها، طوفان‌ها و ریزگردهای نمکی، بیابان‌زایی و توسعه آن به نواحی پیرامونی، قوم‌گرایی و درگیری‌های قومی در منطقه، تشدید نوسانات اقلیمی و تغییر زمان‌بندی فصول و از بین رفتن اراضی کشاورزی و حاصلخیزی خاک مهمترین پیامدهای ناشی از خشک‌شدن این پهنه مهم آبی هستند. باتوجه‌به اینکه اقتصاد غالب منطقه کشاورزی است، کاهش سطح آب دریاچه و افزایش وسعت نمکزار تهدیدی جدی علیه منطقه شمال‌غرب کشور است.

عقلمند و عباسی (۱۳۹۶) با بررسی چالش‌های محیط‌زیستی و راهکارهای کاهش اثرات آن در دریاچه ارومیه بیان کردند با تداوم روند خشکی دریاچه ارومیه خسارت و آسیب‌های بسیاری بر سلامت و بهداشت ساکنین حوضه و معیشت آن‌ها، تخریب اکوسیستم و بخش کشاورزی حوضه (تخریب باغات و اراضی) را به همراه خواهد داشت. چالش‌ها و مسائل اجتماعی مانند افزایش مهاجرت و حاشیه‌نشینی در شهرهای بزرگ نیز از جمله آثار محتمل تداوم وضعیت کنونی دریاچه ارومیه می‌باشد. هم‌زمان با کاهش سطح دریاچه، میزان آلودگی آن در طی این سال‌ها، افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است. از پیامدهای افزایش آلودگی سطح، افزایش شدت تشعشعات فرابنفش خواهد بود. افزایش میزان شوری آب دریاچه ارومیه و رسیدن به حد فوق اشباع، موجب مرگ پرندگان، توقف در تردد شناورهای دریایی



و پدیدار شدن زمینه‌های شوره‌زار شده است. چنانچه دریاچه ارومیه خشک شود، منطقه تبدیل به بیابانی به وسعت ۵۷۰ هکتار با ۸ میلیارد مترمکعب نمک می‌شود که با وزش اولین بادهای به جای شن یا رس، نمک در هوا منتشر شده و موجب تخریب محیط‌زیست خواهد شد. در این شرایط از مرزهای کشور خواهد گذشت و در بد بینانه‌ترین شرایط کشورهای همسایه را نیز در شرایط بحران محیط‌زیستی گرفتار خواهد شد.

گلی و همکاران (۱۳۹۶) پیامدهای اقتصادی خشک شدن دریاچه ارومیه در روستاهای غرب و شرق را بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد کاهش سطح آب دریاچه ارومیه، کاهش فرصت‌های شغلی در بخش کشاورزی و غیرکشاورزی، کاهش درآمدهای متنوع و پایدار، کاهش زمینه‌های اشتغال و سرمایه‌گذاری را در سکونتگاه‌های روستایی به همراه داشته است و تأثیرات اقتصادی در سکونتگاه‌های روستایی شرق دریاچه (عجب شیر و آذرشهر) بیش از سکونتگاه‌های روستایی غربی (میاندوآب) بوده است.

فنی و معروفی (۱۳۹۶) اثرات خشکی دریاچه ارومیه بر آسیب‌پذیری محیط‌زیست طبیعی و انسانی ناحیه پیرامون آن را بررسی کردند و بیان کردند همزمان با کاهش تراز سطح آب دریاچه ارومیه، بخش‌هایی از قسمت‌های جنوبی دریاچه خشک شد، غلظت نمک در آب دریاچه بالا رفت و رنگ مناطقی از سطح آب دریاچه به قهوه‌ای گرایید. محققین بیان کردند شوری شدید سبب کاهش تنوع زیستی و جرم توده زیستی دریاچه شده و کاهش آب دریاچه ارومیه و خشکی آن باعث ایجاد آسیب‌های جدی در زمینه‌های طبیعی و انسانی خواهد شد. از جمله این آسیب‌ها شامل شوری زمین‌های کشاورزی، از بین رفتن باغات، کاهش تنوع زیستی، مهاجرت جمعیت شهرها، خالی شدن روستاها، تنش‌های قومی ناشی از کاهش منابع آبی و خاک مرغوب کشاورزی، از بین رفتن گونه‌های جانوری و پرندگان می‌باشد. خشک شدن دریاچه ارومیه به سلامتی انسانی، تغذیه، حیات جانوری و گیاهی آسیب جدی وارد کرده است و منطقه، با آسیب‌پذیری بالا و تهدیدات محیط‌زیستی جدی روبه‌رو خواهد شد.

Mazhitova و همکاران (۱۹۹۸) رشد آلاینده‌های کلر و عملکرد تیروئید در دانش‌آموزان منطقه دریاچه آرال در قزاقستان و اثرات خشک شدن دریاچه آرال را بررسی و به نتایجی دست یافتند که عبارتند از:

#### تأثیر بر اقلیم:

۱- ایجاد آلودگی هوا به دلیل افزایش میزان ذرات معلق، مواد شیمیایی و نمک، ۲- از بین رفتن اثر تعدیل کنندگی هوا توسط دریاچه یعنی زمستان‌های سردتر و تابستان‌های گرمتر، ۳- کاهش دوره زراعت و ۴- افزایش روزهای بدون باران.

#### تأثیر بر سلامتی:

۱- افزایش انواع سرطان‌ها (خون، حنجره و...)، ۲- افزایش بیماری‌های دستگاه تنفس (آسم، برونشیت و...)، ۳- افزایش شاخص مرگ و میر کودکان و سقط‌های جنینی و انواع نارسائی‌ها در کودکان و ۴- شیوع انواع بیماری‌های چشمی.

#### آثار اقتصادی و اکولوژیکی:

۱- از بین رفتن اکوسیستم دلتا، ۲- نابودی صنایع کشتی‌سازی و ماهی‌گیری و صنایع وابسته، ۳- از بین رفتن انواع گونه‌های گیاهی و جانوری، ۴- خالی از سکنه شدن تعداد زیادی از آبادی‌ها، ۵- افزایش میزان فقر و بیکاری و ۶- بروز مشکلات جدی در کمیت و کیفیت آب آشامیدنی.

Erdinger و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی دریاچه آرال، به عنوان منطقه‌ای با فاجعه محیط‌زیستی تأثیرگذار بر سلامت انسان، بیان کردند، خشک شدن این دریاچه باعث مهاجرت ساکنین اطراف آن شده و این افراد اشتغال و به تبع آن منابع درآمدی خود را از دست داده‌اند. همچنین در سالیان اخیر با وزش باد یا طوفانی، نمک‌های موجود در بستر دریاچه آرال در مناطق مسکونی پراکنده شده و باعث بروز بیماری‌های زیادی به خصوص بیماری‌های پوستی، تنفسی و گوارشی شده است.

Lemoalle و همکاران (۲۰۱۲) تغییرات اخیر در شبیه سازی‌ها و گزینه‌های مدیریت در دریاچه چاد را بررسی کردند و به این نتیجه دست یافتند، با خشک شدن دریاچه چاد در آفریقا مشکلاتی از جمله شور شدن خاک، رویش گیاهان ناخواسته، افزایش تقاضا برای آبیاری، کاهش ماهی‌گیری، تغییر اقلیم منطقه و اثرات مخرب بر کشاورزی منطقه، افزایش فقر، شیوع بیماری‌های گوناگون و مهاجرت مردم منطقه به نواحی به وجود آمده است.

Udmale و همکاران (۲۰۱۴) ادراک کشاورزان از اثرات خشکسالی، سازگاری محلی و اجرای اقدامات کاهشی در ایالت ماهاراشترا هند را بررسی کردند و نشان دادند، کاهش عملکرد غلات و حبوبات، محصولات باغی، تولیدات دامی و از دست دادن شغل که همه منجر به کاهش درآمد کشاورزان شدند، از سریع‌ترین اثرات اقتصادی و مهاجرت، سلامت، تحصیل کودکان و سوءتغذیه از اثرات اجتماعی و تخریب مراتع و جنگل‌ها، کاهش کیفیت آب، صدمه زیستگاه حیات وحش و تخلیه آب‌های زیرزمینی از اثرات محیط‌زیستی خشکسالی بودند.

باتوجه به ادبیات موضوعی، اهداف اختصاصی پژوهش حاضر را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

-شناخت پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی حاصل از خشک شدن دریاچه ارومیه بر مناطق روستایی پیرامون -اولویت‌بندی پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی حاصل از خشک شدن دریاچه ارومیه.



این مطالعه از نظر هدف در زمره تحقیقات کاربردی بوده و از جنبه نحوه جمع‌آوری اطلاعات از نوع تحقیقات توصیفی-پیمایشی است. برای گردآوری اطلاعات، از دو روش کتابخانه‌ای و میدانی و به‌منظور دستیابی به اهداف تحقیق از روش علی-مقایسه‌ای استفاده شده است. جامعه آماری پژوهش حاضر را کارشناسان شاغل در ادارات و سازمان‌های ذی‌مدخل در مدیریت حوضه آبریز دریاچه ارومیه شامل اداره کل حفاظت محیط‌زیست، سازمان جهادکشاورزی، ستاد احیای دریاچه ارومیه و بخش‌داری تشکیل می‌دهد.

روش نمونه‌گیری در این تحقیق به‌صورت نمونه‌گیری گلوله برفی انجام گرفت و از سازمان‌هایی که بیشترین ارتباط را در مورد برنامه‌های مرتبط با دریاچه ارومیه داشتند نظرسنجی انجام گرفت و پس از رسیدن به نتایج مورد نظر ۲۱ نفر به‌عنوان نمونه انتخاب شدند. به‌منظور سنجش تأثیر خشک شدن دریاچه ارومیه بر وضعیت اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی مناطق روستایی با استفاده از ابزار پرسشنامه، با استفاده از شیوه اسنادی (کتابخانه‌ای)، جستجو در ادبیات و مبانی نظری مرتبط با موضوع و مرور مطالعات پیشین متغیرها و شاخص‌هایی در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی به‌کار گرفته شد که به‌صورت پرسشنامه طراحی و در اختیار کارشناسان قرار داده شد. این متغیرها شامل دو دسته متغیرهای وابسته (وضعیت اقتصادی، وضعیت اجتماعی و وضعیت محیط‌زیستی) و متغیرهای مستقل بود. برای سنجش وضعیت اقتصادی و بررسی روند آن از دو دسته متغیر شامل ویژگی‌های فردی و حرفه‌ای پاسخگویان (سن، سطح تحصیلات، رشته تحصیلی، سابقه کاری و محل خدمت) کمک گرفته شد. برای بررسی وضعیت اقتصادی از متغیرهای اشتغال در بخش کشاورزی، درآمد حاصل از کشاورزی، عملکرد محصولات در واحد هکتار، قیمت اراضی کشاورزی، هزینه تامین آب کشاورزی، قیمت نهاده‌ها (بذر، کود، سم و ...)، قیمت آب کشاورزی، میزان دسترسی به آب شرب، دستمزد کارگر کشاورزی، بدهی به بانک و سایر ارگان‌ها، میزان آب در دسترس کشاورزی، سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی، سرمازدگی باغات و محصولات کشاورزی، میزان بیمه محصولات کشاورزی و مزارع، تعداد دام، پرورش دام و تولیدات دامی، مقدار علوفه لازم برای تغذیه دام‌ها، خرید علوفه برای دام‌ها، میزان تولید شیر، مرگ و میر دام‌ها، زاد و ولد دام‌ها، وزن دام‌ها، سودآوری تولیدات دامی، اموال و دارایی‌ها، میزان ورود گردشگر به منطقه، فروش اجباری زمین زراعی و فروش اجباری برخی ماشین‌آلات کشاورزی استفاده شد.

جهت بررسی وضعیت اجتماعی نیز از متغیرهای داشتن شغل‌های کاذب، تمایل روستاییان به زندگی در محیط شهری، تمایل به عضویت سازمان‌های حمایتی-امدادی، درگیری و نزاع بین کشاورزان، کیفیت زندگی ساکنان منطقه، تمایل به فعالیت فرزندان در محیط روستایی و شغل کشاورزی، فقر در منطقه، تمایل به تغییر شغل، میزان اعتماد

به وعده‌های مسئولین در رفع مشکلات روستاییان، میزان مشورت و نظارت مسئولین به روستاییان، همکاری برای حل مسائل اجتماعی روستا، فعالیت افراد در تشکلهای روستایی، حمایت تشکلهای از افراد، افسردگی، یاس و ناامیدی نسبت به آینده، میزان اعتماد، مشکلات و بیماری‌های تنفسی، پوستی، سردرد، فشارخون و ...، اضطراب و تشویش ناشی از پراکنش گردوخاک و نمک، اعتماد به نفس افراد می‌باشد استفاده شد.

همچنین جهت بررسی وضعیت محیط‌زیستی از متغیرهای کیفیت آب‌وهوای منطقه، شوری آب منطقه، میزان سطح آب چاه‌ها، آب در دسترس منطقه، تنوع گیاهی و جانوری، مهاجرت پرندگان، رشد علف‌های هرز، رطوبت نسبی هوا، بارندگی، آلودگی آب، جریان رودخانه‌ها و روان آب‌ها، میزان طوفان‌های نمک، میزان انتقال نمک به مزارع کشاورزی، نواسانات دمایی منطقه، نابودی حیات وحش، گردوغبار در هوا، میزان آتش‌سوزی در منطقه، نابودی گیاهان خودرو، آفات و حشرات، بیماری‌های گیاهی، تغییر مزه-رنگ و بوی آب کمک گرفته شد.

این متغیرها با استفاده از طیف لیکرت ۵ قسمتی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد با امتیاز دهی از ۱ تا ۵ سنجیده شد. این بخش شامل ۲ قسمت سنجش وضعیت اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی روستاها در دو دوره قبل و بعد از سال ۸۸ (سال ۸۸ و بعد از آن، پیامدهای خشک شدن دریاچه کاملاً مشهود بوده است) می‌باشد. گویه‌های سنجش در ۲ دوره قبل و بعد از سال ۱۳۸۸ یکسان بوده و فقط زمان سنجش آن‌ها متفاوت است.

پس از تکمیل پرسشنامه‌ها، اطلاعات موجود در آن کدگذاری شده و در محیط نرم افزار spss نسخه ۲۲ وارد شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آمار توصیفی و استنباطی بهره گرفته شد. آزمون t همبسته یکی از روش‌های پارامتری می‌باشد که به‌منظور دستیابی به اینکه آیا تفاوت بین میانگین‌های دو گروه (دو دوره زمانی قبل از سال ۸۸ و بعد از سال ۸۸) از نظر آماری معنی‌دار هست یا نه مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما زمانی که محقق تفاوت میانگین‌های بیش از دو گروه (وضعیت اقتصادی، وضعیت اجتماعی، وضعیت محیط‌زیستی) را بررسی کند، به‌کارگیری آزمون‌هایی چون t امکان‌پذیر نخواهد بود. برای این منظور در تحقیقات مشابه از روش تحلیل واریانس یا آزمون F استفاده می‌شود. جهت اولویت‌بندی پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی حاصل از خشک شدن دریاچه، از تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)<sup>۲</sup> استفاده شد. برای سنجش و اولویت‌بندی پیامدها معمولاً معیارهای مختلفی از قبیل: اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی مورد توجه قرار می‌گیرد تا براساس آن‌ها بتوان نسبت به اثرات گوناگون تصمیم‌گیری نمود. در این پژوهش، ابتدا ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها دو به دو با هم مقایسه شدند. سپس شدت معیارهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی نسبت به یکدیگر، جهت اولویت‌بندی پیامدهای خشک شدن دریاچه ارومیه تعیین شدند.

## نتایج و بحث

جدول (۱) توزیع فراوانی افراد پاسخ‌دهنده براساس ویژگی‌های فردی و حرفه‌ای آنان را نشان می‌دهد. یافته‌ها نشان داد، ۲۱ نفر از پاسخ‌دهندگان را ۵۷/۱ درصد مردان و ۴۲/۹ درصد زنان تشکیل می‌دهند. از بین ۲۱ نفر پاسخ‌دهنده ۱۴ نفر (۶۶/۷ درصد) در طبقه سنی ۳۰-۴۵ سال قرار داشته و فقط ۱ نفر (۴/۸ درصد) از

پاسخ‌دهندگان را افراد بالای ۶۰ سال تشکیل می‌دهد. همانطورکه ملاحظه می‌شود اکثر کارشناسان دارای مدرک تحصیلی فوق‌لیسانس می‌باشند. بیشتر کارشناسان شاغل در سازمان‌های مورد مطالعه در رشته‌های کشاورزی تحصیل کرده‌اند و رشته‌های جغرافیا، حقوق و مدیریت بازرگانی کمترین سهم را در بین رشته‌های تحصیلی داشته است. براساس نتایج می‌توان گفت بیشتر پاسخ‌دهندگان سابقه کار اداری و اجرایی زیر ۱۰ ساله دارند.

جدول ۱- توزیع فراوانی افراد مورد مطالعه براساس ویژگی‌های فردی و حرفه‌ای

| متغیر                    | طبقه‌بندی                       | فراوانی | درصد فراوانی | درصد تجمعی |
|--------------------------|---------------------------------|---------|--------------|------------|
| جنسیت                    | مرد                             | ۱۲      | ۵۷           | ۵۷         |
|                          | زن                              | ۹       | ۴۳           | ۱۰۰        |
| طبقه سنی                 | زیر ۳۰ سال                      | ۳       | ۱۴           | ۱۴         |
|                          | ۳۰-۴۵ سال                       | ۱۴      | ۶۷           | ۸۱         |
|                          | ۴۵-۶۰ سال                       | ۳       | ۱۴           | ۹۵         |
|                          | بالتر از ۶۰ سال                 | ۱       | ۵            | ۱۰۰        |
| مدرک تحصیلی              | لیسانس                          | ۸       | ۳۸           | ۳۸         |
|                          | فوق لیسانس                      | ۱۲      | ۵۷           | ۹۵         |
|                          | دکترای تخصصی                    | ۱       | ۵            | ۱۰۰        |
| رشته تحصیلی              | کشاورزی                         | ۱۱      | ۵۲           | ۵۲         |
|                          | مهندسی آب                       | ۵       | ۲۴           | ۷۶         |
|                          | مهندسی خاک                      | ۲       | ۱۰           | ۸۶         |
|                          | جغرافیا-حقوق-مدیریت بازرگانی    | ۳       | ۱۴           | ۱۰۰        |
| سازمان محل اشتغال        | اداره کل حفاظت محیط‌زیست آ.غ    | ۳       | ۱۴           | ۱۴         |
|                          | سازمان جهاد کشاورزی             | ۱۱      | ۵۲           | ۶۷         |
|                          | سازمان ستاد احیای دریاچه ارومیه | ۴       | ۱۹           | ۸۶         |
|                          | بخشداری مرکزی                   | ۳       | ۱۴           | ۱۰۰        |
| سابقه کار اداری و اجرایی | زیر ۱۰ سال                      | ۱۱      | ۵۲           | ۵۲         |
|                          | ۱۰-۲۰ سال                       | ۷       | ۳۳           | ۸۶         |
|                          | بیش از ۲۰ سال                   | ۳       | ۱۴           | ۱۰۰        |

## • نگرش پاسخگویان در تأثیر روند خشک شدن دریاچه ارومیه بر وضعیت اقتصادی خانوارهای روستایی

یافته‌های جدول (۲) نشان می‌دهد خشک شدن دریاچه ارومیه بیشترین تأثیر را به ترتیب به هزینه تامین آب کشاورزی (۸۰ درصد)، فروش اجباری زمین زراعی (۷۶ درصد)، قیمت آب کشاورزی (۶۶ درصد)، فروش اجباری برخی ماشین‌آلات کشاورزی (۶۲ درصد)، قیمت نهاده‌ها (۵۵ درصد)، سرمازدگی باغات و محصولات کشاورزی (۵۵ درصد) مرگ و میر دام‌ها (۴۰ درصد)، خرید علوفه برای دام‌ها (۳۶ درصد)، بدهی به بانک و سایر ارگان‌ها (۳۰ درصد)، قیمت اراضی کشاورزی (۲۴ درصد)

و دستمزد کارگر کشاورزی (۲۳ درصد) دوره بعد از سال ۱۳۸۸ نسبت به دوره قبل از سال ۱۳۸۸ داشته است. همچنین یافته‌های جدول (۳) نشان می‌دهد، خشک شدن دریاچه ارومیه بیشترین تأثیر را به ترتیب به میزان ورود گردشگر به منطقه (۳۸- درصد)، میزان آب در دسترس کشاورزی (۳۳- درصد)، مقدار علوفه لازم برای تغذیه دام‌ها (۳۱- درصد)، درآمد حاصل از کشاورزی (۲۸- درصد)، سودآوری تولیدات دامی (۲۷- درصد)، اموال و دارایی‌ها (۲۳- درصد)، پرورش دام و تولیدات دامی (۲۳- درصد)، سرمایه گذاری در بخش کشاورزی (۲۲- درصد)، میزان دسترسی به آب شرب (۲۲- درصد)، تعداد دام (۱۶- درصد)، اشتغال در بخش

جدول ۳- درصد میزان تغییرات وضعیت اقتصادی ساکنان روستاهای پیرامون دریاچه ارومیه قبل و بعد از سال ۱۳۸۸

| متغیرها با تأثیر منفی              | میانگین قبل از ۸۸ | میانگین بعد از ۸۸ | درصد میزان تغییرات |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| میزان ورود گردشگر به منطقه         | ۳/۲               | ۲                 | -۳۸                |
| میزان آب در دسترس کشاورزی          | ۳/۵               | ۲/۳               | -۳۳                |
| مقدار علوفه لازم برای تغذیه دامها  | ۳/۸               | ۲/۶               | -۳۱                |
| درآمد حاصل از کشاورزی              | ۳/۱               | ۲/۲               | -۲۸                |
| سودآوری تولیدات دامی               | ۳/۵               | ۲/۵               | -۲۷                |
| اموال و داراییها                   | ۳/۱               | ۲/۴               | -۲۳                |
| پرورش دام و تولیدات دامی           | ۳/۵               | ۲/۷               | -۲۳                |
| سرمایه گذاری در بخش کشاورزی        | ۳/۱               | ۲/۳               | -۲۳                |
| میزان دسترسی به آب شرب             | ۳/۸               | ۳                 | -۲۲                |
| تعداد دام                          | ۳/۶               | ۳                 | -۱۶                |
| اشتغال در بخش کشاورزی              | ۳/۳               | ۲/۴               | -۱۱                |
| میزان تولید شیر                    | ۳/۲               | ۳                 | -۸                 |
| وزن دامها                          | ۳/۱               | ۳/۰۶              | -۲                 |
| عملکرد محصولات در واحد هکتار       | ۳/۲۹              | ۳/۲۵              | -۱                 |
| زاد و ولد دامها                    | ۳/۰۶              | ۳/۱               | ۲                  |
| میزان بیمه محصولات کشاورزی و مزارع | ۲/۴               | ۲/۵               | ۴                  |

کشاورزی (۱۱- درصد)، میزان تولید شیر (۸ درصد)، وزن دامها (۲- درصد) و عملکرد محصولات در واحد هکتار (۱- درصد) در دوره بعد از سال ۱۳۸۸ نسبت به دوره قبل از سال ۱۳۸۸ کاهش داشته است. ولی همانطور که یافته‌های جدول (۳) نشان می‌دهد شاخص زاد و ولد دامها (۲ درصد) و میزان بیمه محصولات کشاورزی و مزارع (۴ درصد) افزایش در دوره بعد از سال ۱۳۸۸ نسبت به دوره قبل از سال ۱۳۸۸ داشته است.

جدول ۲- درصد میزان تغییرات وضعیت اقتصادی ساکنان روستاهای پیرامون دریاچه ارومیه قبل و بعد از سال ۱۳۸۸

| متغیرها با تأثیر منفی               | میانگین قبل از ۸۸ | میانگین بعد از ۸۸ | درصد میزان تغییرات |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| هزینه تأمین آب کشاورزی              | ۲/۱               | ۳/۸               | ۸۰                 |
| فروش اجباری زمین زراعی              | ۲                 | ۳/۵               | ۷۶                 |
| قیمت آب کشاورزی                     | ۲/۲               | ۳/۶               | ۶۶                 |
| فروش اجباری برخی ماشین آلات کشاورزی | ۲/۳               | ۳/۸               | ۶۲                 |
| قیمت نهاده‌ها (بذر، کود، سم و...)   | ۲/۷               | ۴/۳               | ۵۵                 |
| سرمازدگی باغات و محصولات کشاورزی    | ۲/۷               | ۴/۲               | ۵۵                 |
| مرگ و میر دامها                     | ۲/۳               | ۳/۲               | ۴۰                 |
| خرید علوفه برای دامها               | ۲/۵               | ۳/۵               | ۳۶                 |
| بدهی به بانک و سایر ارگانها         | ۲/۸               | ۳/۷               | ۳۰                 |
| قیمت اراضی کشاورزی                  | ۲/۸               | ۳/۶               | ۲۴                 |
| دستمزد کارگر کشاورزی                | ۲/۶               | ۳/۲               | ۲۳                 |

همچنین یافته‌های جدول (۵) نشان می‌دهد، خشک شدن دریاچه ارومیه بیشترین تأثیر را به ترتیب به میزان تمایل فرزندان به فعالیت در محیط روستایی و شغل کشاورزی (۵۰- درصد)، میزان اعتماد (۳۸- درصد)، میزان اعتماد به وعده‌های مسئولین در رفع مشکلات روستاییان (۳۶- درصد)، اعتماد به نفس افراد (۳۴- درصد)، کیفیت زندگی ساکنان منطقه (۳۱- درصد)، حمایت تشکلهای از افراد (۲۰- درصد)، فعالیت افراد در تشکلهای روستایی (۹- درصد)، همکاری برای حل مسائل اجتماعی روستا (۷- درصد) و میزان مشورت و نظارت مسئولین به روستاییان (۴- درصد) دوره بعد از سال ۱۳۸۸ نسبت به دوره قبل از سال ۱۳۸۸ داشته است که همگی کاهش یافته است.

#### • نگرش پاسخگویان در تأثیر روند خشک شدن دریاچه ارومیه بر وضعیت اجتماعی خانوارهای روستایی

یافته‌های جدول (۴) نشان می‌دهد، خشک شدن دریاچه ارومیه بیشترین تأثیر را به ترتیب به اضطراب ناشی از پراکنش گردوخاک و نمک (۱۲۰ درصد)، مشکلات و بیماریهای تنفسی، پوستی و ... (۱۱۱ درصد)، میزان تمایل به زندگی در محیط شهری (۸۶ درصد)، یاس و ناامیدی نسبت به آینده (۸۵ درصد)، افسردگی (۷۳ درصد)، شغل‌های کاذب (۶۸ درصد)، تمایل به تغییر شغل (۵۶ درصد)، فقر در منطقه (۴۱ درصد)، درگیری و نزاع بین کشاورزان (۳۴ درصد) و تمایل به عضویت سازمان‌های حمایتی-امدادی (۲۷ درصد) دوره بعد از سال ۱۳۸۸ نسبت به دوره قبل از سال ۱۳۸۸ داشته است.

جدول ۴- درصد میزان تغییرات وضعیت اجتماعی ساکنان روستاهای پیرامون دریاچه ارومیه قبل و بعد از سال ۱۳۸۸

| متغیرها با تأثیر منفی                   | میانگین قبل از ۸۸ | میانگین بعد از ۸۸ | درصد میزان تغییرات |
|-----------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| اضطراب ناشی از پراکنش گردوخاک و نمک     | ۱/۷               | ۳/۸               | ۱۲۰                |
| مشکلات و بیماری‌های تنفسی، پوستی و ...  | ۱/۸               | ۳/۸               | ۱۱۱                |
| میزان تمایل به زندگی در محیط شهری       | ۲/۳               | ۴/۴               | ۸۶                 |
| یاس و ناامیدی نسبت به آینده             | ۲/۵               | ۴/۶               | ۸۵                 |
| افسردگی                                 | ۲/۶               | ۴/۵               | ۷۳                 |
| شغل‌های کاذب                            | ۲/۷               | ۴/۶               | ۶۸                 |
| تمایل به تغییر شغل                      | ۲/۷               | ۴/۳               | ۵۶                 |
| فقر در منطقه                            | ۳                 | ۴/۲               | ۴۱                 |
| درگیری و نزاع بین کشاورزان              | ۲/۶               | ۳/۶               | ۳۴                 |
| تمایل به عضویت سازمان‌های حمایتی-امدادی | ۲/۷               | ۳/۵               | ۲۷                 |

جدول ۵- درصد میزان تغییرات وضعیت اجتماعی ساکنان روستاهای پیرامون دریاچه ارومیه قبل و بعد از سال ۱۳۸۸

| متغیرها با تأثیر منفی                                    | میانگین قبل از ۸۸ | میانگین بعد از ۸۸ | درصد میزان تغییرات |
|----------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| تمایل به فعالیت فرزندان در محیط روستایی و شغل کشاورزی    | ۳/۵               | ۱/۷               | -۵۰                |
| میزان اعتماد                                             | ۲/۹               | ۱/۸               | -۳۸                |
| میزان اعتماد به وعده‌های مسئولین در رفع مشکلات روستاییان | ۲/۸               | ۱/۸               | -۳۶                |
| اعتماد به نفس افراد                                      | ۲/۹               | ۱/۹               | -۳۴                |
| کیفیت زندگی ساکنان منطقه                                 | ۲/۸               | ۱/۹               | -۳۱                |
| حمایت تشکلهای از افراد                                   | ۳/۱               | ۱/۵               | -۲۰                |
| فعالیت افراد در تشکلهای روستایی                          | ۲/۷               | ۲/۵               | -۹                 |
| همکاری برای حل مسایل اجتماعی روستا                       | ۲/۸               | ۲/۶               | -۷                 |
| میزان مشورت و نظارت مسئولین به روستاییان                 | ۲/۸               | ۲/۷               | -۴                 |

#### • نگرش پاسخگویان در تأثیر روند خشک شدن دریاچه ارومیه بر وضعیت محیط زیستی روستاهای پیرامون

یافته‌های جدول (۶) نشان می‌دهد، خشک شدن دریاچه ارومیه بیشترین تأثیر را به ترتیب به میزان طوفان‌های نمک (۱۸۷ درصد)، میزان انتقال نمک به مزارع کشاورزی (۱۵۳ درصد)، گردوغبار در هوا (۱۴۲ درصد)، نابودی حیات وحش (۱۲۲ درصد)، شوری آب منطقه (۱۰۴ درصد)، تغییر مزه، رنگ و بوی آب (۱۰۲ درصد)، نابودی گیاهان خودرو (۹۹ درصد)، نواسانات دمایی منطقه (۹۷ درصد)، آلودگی آب (۹۴ درصد)، بیماری‌های گیاهی (۶۶ درصد)، مهاجرت پرندگان (۵۰ درصد)، آفات و حشرات (۴۹ درصد)، میزان آتش سوزی در منطقه (۴۷ درصد) و رشد علف‌های هرز (۳۵ درصد) دوره بعد از سال ۱۳۸۸ نسبت به دوره قبل از سال ۱۳۸۸ داشته است که همگی افزایش بوده است.

جدول ۶- درصد میزان تغییرات وضعیت محیط زیستی روستاهای پیرامون دریاچه ارومیه قبل و بعد از سال ۱۳۸۸

| متغیرها با تأثیر منفی             | میانگین قبل از ۸۸ | میانگین بعد از ۸۸ | درصد میزان تغییرات |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| میزان طوفان‌های نمک               | ۱/۳               | ۳/۷               | ۱۸۷/۹              |
| میزان انتقال نمک به مزارع کشاورزی | ۱/۳               | ۳/۴               | ۱۵۳/۸              |
| گردوغبار در هوا                   | ۱/۷               | ۴/۲               | ۱۴۲/۴              |
| نابودی حیات وحش                   | ۲                 | ۴/۴               | ۱۲۲/۲              |
| شوری آب منطقه                     | ۱/۸               | ۳/۷               | ۱۰۴/۱              |
| تغییر مزه، رنگ و بوی آب           | ۲                 | ۴/۰۵              | ۱۰۲                |
| نابودی گیاهان خودرو               | ۲/۱               | ۴/۳               | ۹۹/۹               |
| نواسانات دمایی منطقه              | ۲/۱               | ۴/۲               | ۹۷/۴               |
| آلودگی آب                         | ۲/۱               | ۴/۱               | ۹۴/۷               |
| بیماری‌های گیاهی                  | ۲/۵               | ۴/۱               | ۶۶/۶               |
| مهاجرت پرندگان                    | ۲/۵               | ۳/۷               | ۵۰                 |
| آفات و حشرات                      | ۲/۶               | ۴                 | ۴۹/۹               |
| میزان آتش سوزی در منطقه           | ۲/۲               | ۳/۲               | ۴۷                 |
| رشد علف‌های هرز                   | ۲/۷               | ۳/۷               | ۳۵                 |

یافته‌های جدول (۷) نشان می‌دهد، خشک شدن دریاچه ارومیه

جدول ۸- مقایسه میانگین وضعیت اقتصادی مناطق روستایی  
براساس دوره قبل و بعد از سال ۸۸

| میانگین | انحراف | میانگین | انحراف | آماره t | سطح       |
|---------|--------|---------|--------|---------|-----------|
| معیار   | معیار  | معیار   | معیار  |         | معنی داری |
| ۷۹/۲۰۰  | ۲۷/۸۰  | ۶۰      | ۲۲/۲۲  | ۴/۰۴۶** | ۰/۰۰۱     |

\*\*معنی داری در سطح یک درصد

#### • آزمون فرضیه پژوهشی دوم

فرضیه دوم پژوهش بر این نکته اشاره دارد، وضعیت اجتماعی ساکنان اطراف دریاچه ارومیه قبل و بعد از خشک شدن متفاوت است. به این منظور جهت بررسی تأثیر خشک شدن دریاچه ارومیه بر وضعیت اجتماعی مناطق روستایی حاشیه دریاچه ارومیه قبل و بعد از سال ۸۸ میانگین متغیر نماینده وضعیت اجتماعی مناطق روستایی که از طریق شاخص سازی (محاسبه میانگین گویه‌های مختلف) به دست آمد، قبل و بعد از سال ۸۸ مقایسه شد. میانگین این متغیر، قبل از سال ۸۸ برای مناطق روستایی حاشیه دریاچه ارومیه برابر ۶۰/۶۲ و بعد از سال ۸۸ برابر ۳۸/۶۲ می‌باشد. وضعیت اجتماعی قبل و بعد از سال ۸۸ به کمک آزمون t همبسته مقایسه و نتایج حاصل از آن در جدول (۹) ارائه شده است. در جدول ملاحظه می‌شود، برای وضعیت اجتماعی قبل و بعد از سال ۸۸ تفاوت معنی دار آماری وجود دارد. به عبارت دیگر خشک شدن دریاچه ارومیه، اثرات منفی بر مناطق اطراف داشته است.

جدول ۹- مقایسه میانگین وضعیت اجتماعی مناطق روستایی

| میانگین | انحراف | میانگین | انحراف | آماره t | سطح       |
|---------|--------|---------|--------|---------|-----------|
| معیار   | معیار  | معیار   | معیار  |         | معنی داری |
| ۶۰/۶۲   | ۱۲/۰۴۹ | ۳۸/۶۲   | ۷/۱۲۶  | ۶/۲۵۲** | ۰/۰۰۱     |

\*\*معنی داری در سطح یک درصد

#### • آزمون فرضیه سوم

فرضیه سوم پژوهش بر این نکته اشاره دارد، وضعیت محیط‌زیستی ساکنان اطراف دریاچه ارومیه قبل و بعد از خشک شدن متفاوت است. به این منظور جهت بررسی تأثیر خشک شدن دریاچه ارومیه بر وضعیت محیط‌زیستی مناطق روستایی حاشیه دریاچه ارومیه قبل و بعد از سال ۸۸ میانگین متغیر نماینده وضعیت محیط‌زیستی مناطق روستایی که از طریق شاخص سازی (محاسبه میانگین گویه‌های مختلف) به دست آمد، قبل و بعد از سال ۸۸ مقایسه شد. میانگین این متغیر، قبل از سال ۸۸ برای مناطق روستایی حاشیه دریاچه ارومیه برابر ۷۲/۳۵ و بعد از سال ۸۸

بیشترین تأثیر را به ترتیب به جریان رودخانه‌ها و روان آب‌ها (۵۶- درصد)، بارندگی (۴۷- درصد)، میزان سطح آب چاه‌ها (۴۷- درصد)، آب در دسترس منطقه (۴۴- درصد)، تنوع گیاهی و جانوری (۳۳- درصد)، کیفیت آب و هوای منطقه (۳۲- درصد) و رطوبت نسبی هوا (۲۶- درصد) دوره بعد از سال ۱۳۸۸ نسبت به دوره قبل از سال ۱۳۸۸ داشته است که همگی کاهش یافته است.

جدول ۷- درصد میزان تغییرات وضعیت محیط‌زیستی روستاهای  
پیرامون دریاچه ارومیه قبل و بعد از سال ۱۳۸۸

| متغیرها با تأثیر منفی         | میانگین قبل از ۸۸ | میانگین بعد از ۸۸ | درصد میزان تغییرات |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| جریان رودخانه‌ها و روان آب‌ها | ۳/۹               | ۱/۷               | -۵۶                |
| بارندگی                       | ۴                 | ۲/۱               | -۴۷/۲              |
| میزان سطح آب چاه‌ها           | ۲                 | ۱/۰۶              | -۴۷                |
| آب در دسترس منطقه             | ۳/۷               | ۲/۱               | -۴۴                |
| تنوع گیاهی و جانوری           | ۳/۷               | ۲/۵               | -۳۳                |
| کیفیت آب و هوای منطقه         | ۳/۸               | ۲/۵               | -۳۲                |
| رطوبت نسبی هوا                | ۳/۵               | ۲/۵               | -۲۶                |

#### • آزمون فرضیه پژوهشی اول

فرضیه اول پژوهش بر این نکته اشاره دارد، وضعیت اقتصادی ساکنان اطراف دریاچه ارومیه قبل و بعد از خشک شدن متفاوت است. به این منظور جهت بررسی تأثیر خشک شدن دریاچه ارومیه بر وضعیت اقتصادی مناطق روستایی حاشیه دریاچه ارومیه قبل و بعد از سال ۸۸ میانگین متغیر نماینده وضعیت اقتصادی مناطق روستایی که از طریق شاخص سازی (محاسبه میانگین گویه‌های مختلف) به دست آمد، قبل و بعد از سال ۸۸ مقایسه شد. میانگین این متغیر، قبل از سال ۸۸ برای مناطق روستایی حاشیه دریاچه ارومیه برابر ۷۹/۲ و بعد از سال ۸۸ برابر ۶۰ از ۱۳۵ می‌باشد. وضعیت اقتصادی قبل و بعد از سال ۸۸ به کمک آزمون t همبسته مقایسه و نتایج حاصل از آن در جدول (۸) ارائه شده است. باتوجه به جدول ملاحظه می‌شود، وضعیت اقتصادی قبل و بعد از سال ۸۸ تفاوت معنی دار آماری دارد. به عبارت دیگر خشک شدن دریاچه ارومیه، اثرات منفی بر مناطق اطراف داشته است.



برابر ۳۹/۲۵ از ۱۰۵ می‌باشد. وضعیت محیط‌زیستی قبل و بعد از سال ۸۸ به کمک آزمون t همبسته مقایسه شد و نتایج حاصل از این مقایسه در جدول (۱۰) ارائه شده است. باتوجه به جدول ملاحظه می‌شود، برای وضعیت محیط‌زیستی قبل و بعد از سال ۸۸ تفاوت معنی‌دار آماری وجود دارد. به عبارت دیگر خشک شدن دریاچه ارومیه، اثرات منفی بر مناطق اطراف داشته است.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین وضعیت محیط‌زیستی مناطق روستایی بر اساس دوره قبل و بعد از سال ۸۸

| میانگین | انحراف معیار | میانگین | انحراف معیار | آماره t | سطح معنی‌داری |
|---------|--------------|---------|--------------|---------|---------------|
|         |              |         |              |         |               |
| ۷۲/۳۵   | ۱۹/۶۹        | ۳۹/۲۵   | ۱۳/۸         | ۷/۶۷۶** | ۰/۰۰۱         |

\*معنی‌داری در سطح یک درصد

#### • آزمون فرضیه چهارم

فرضیه چهارم پژوهش بر این نکته اشاره دارد، شدت پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی خشک شدن دریاچه ارومیه باهم متفاوت است. برای اولویت‌بندی پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی خشک شدن دریاچه ارومیه بر روستاهای اطراف دریاچه ارومیه با تحلیل سلسله مراتبی (AHP) محاسبه شد. در این تحلیل، ابتدا ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها دو به دو با هم مقایسه شدند. سپس شدت معیارهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی نسبت به یکدیگر، جهت اولویت‌بندی پیامدهای خشک شدن دریاچه ارومیه تعیین شدند.

جدول ۱۱- مقیاس ۹ کمیتی ساعتی برای مقایسه دودویی معیارها

| امتیاز (شدت پیامد) | تعریف             | توضیح                                                           |
|--------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------|
| ۱                  | پیامد مساوی       | در تحقق هدف دو معیار پیامد مساوی دارند.                         |
| ۳                  | پیامد اندکی بیشتر | تجربه نشان می‌دهد، برای تحقق هدف، پیامد i اندکی بیشتر از j است. |
| ۵                  | پیامد بیشتری      | تجربه نشان می‌دهد، پیامد i بیشتر از j است                       |
| ۷                  | پیامد خیلی بیشتر  | تجربه نشان می‌دهد، پیامد i خیلی بیشتر از j است.                 |
| ۹                  | پیامد مطلق        | پیامد خیلی بیشتر i نسبت به j به طور قطعی به اثبات رسیده است.    |
| ۴ و ۶ و ۸ و ۲      |                   | هنگامی که حالت‌های میانه وجود دارد.                             |

بنابراین براساس میزان شدت پیامد معیار i نسبت به معیار j باتوجه به راهنمای جدول (۱۱) با استفاده از فراتی که کارشناسان متخصص درباره دریاچه ارومیه از ۱ تا ۹ به پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی در پرسشنامه دادند، وزن نسبی پیامدها از طریق مقایسه زوجی محاسبه شد.

جدول ۱۲- میانگین امتیاز شدت پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی

| شاخص‌ها و معیارهای کلی | اقتصادی | محیط‌زیستی | اجتماعی |
|------------------------|---------|------------|---------|
| اقتصادی                | ۱       | ۱/۵        | ۱/۲     |
| محیط‌زیستی             | ۵       | ۱          | ۳       |
| اجتماعی                | ۲       | ۱/۳        | ۱       |
| جمع                    | ۸       | ۲۳/۱۵      | ۹/۲     |

جهت محاسبه وزن هر یک از پیامدها (وزن نسبی) از روش میانگین هندسی استفاده شد. به گونه‌ای که جذر مقادیر هر سطر در فرجه تعداد همان مقادیر محاسبه شد. سپس مقدار متوسط (میانگین) عناصر در هر سطر از ماتریس نرمالیزه را محاسبه کرده و وزن نهایی هریک از پیامدها از نظر پاسخگویان مختلف به دست آمد. در نهایت میانگین وزن نهایی هر یک از پیامدها از نظر ۲۱ نفر پاسخگو حساب شد.

جدول ۱۳- اولویت‌بندی پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی

| اولویت بندی  | پیامدها زیست محیطی | اجتماعی | اقتصادی | وزن   |
|--------------|--------------------|---------|---------|-------|
| ۱ محیط‌زیستی | ۲/۴۶۷              | ۲/۶۲۰   | ۲/۳۲۰   | ۷/۴۰۷ |
| ۲ اجتماعی    | ۰/۸۲۲              | ۰/۸۷۳   | ۰/۹۲۸   | ۲/۶۲۳ |
| ۳ اقتصادی    | ۰/۴۹۳              | ۰/۴۳۶   | ۰/۴۶۴   | ۱/۳۹۳ |

بنابراین در این پژوهش با در نظر گرفتن میانگین وزن نهایی هر یک از پیامدهای خشک شدن دریاچه ارومیه را در جدول (۱۳) مشاهده می‌شود، بیشترین پیامد خشک شدن دریاچه ارومیه پیامد محیط‌زیستی با میانگین وزن نهایی ۷/۴۰۷، پیامد اجتماعی با میانگین ۲/۶۲۳ در درجه دوم و پیامد اقتصادی با میانگین وزن نهایی ۱/۳۹۳ در درجه سوم قرار دارد.

روستایی نسبت به قبل از خشک شدن دریاچه ارومیه، بدتر شده است. همچنین نتایج حاصل از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای اولویت‌بندی پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی نشان داد، میزان پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی خشک شدن دریاچه ارومیه بر روستاهای پیرامون متفاوت بوده و پیامد محیط‌زیستی در اولویت اول، پیامد اجتماعی در اولویت دوم و پیامد اقتصادی در اولویت سوم قرار گرفته است.

پیشنهاد می‌شود به منظور جلوگیری از این فاجعه محیط‌زیستی و بروز پیامدهای تخریب‌کننده آن اقدامات فوری در نجات دریاچه ارومیه توسط مسئولین دولتی به‌خصوص وزارت جهاد کشاورزی و سازمان‌های متبوعه ابتدا با آزمایش خاک اراضی روستاهای حاشیه دریاچه ارومیه سپس آشنا کردن روستائیان با کشت محصولات با نیاز آبی کم و نهاده‌ها و بذره‌های مقاوم در برابر شوری خاک و بهره‌گیری از تمامی ظرفیت‌های داخلی همچون رهبران محلی و ریش‌سفیدان در جلوگیری از بروز دعوا و نزاع بر سر آب در بین اهالی و اختصاص بودجه‌های عمرانی، خدماتی، اجرای پروژه‌های مختلف و ایجاد اشتغال برای روستائیان در زمینه صنایع تبدیلی و تکمیلی، صنایع دستی، غذاهای محلی، فعالیت‌های گردشگری تا از تکرار فاجعه محیط‌زیستی دریاچه آرال در این منطقه از کشور جلوگیری شود.

#### پی‌نوشت

1- T-test

2-Analytical Hierarchy process

#### منابع

- آل‌شیخ، ع.، علی‌محمدی، ع. و قربانعلی، ع. ۱۳۸۳. پایش خطوط ساحلی دریاچه ارومیه با استفاده از سنجش از دور. نشریه تحقیقات کاربردی جغرافیا، ۴(۵): ۲۳-۹۰.
- اصغری سراسکانرود، ص.، جلالی عنصرودی، ط. و زینالی، ب. ۱۳۹۲. تحلیل تغییرپذیری وضعیت گردشگری شهرهای واقع در اطراف دریاچه ارومیه. فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ۳(۱۱): ۹۹-۱۱۴.
- بارانی‌پسیان، و.، پوراگرمی، م.، فتوحی‌مهربانی، ب. و پوراگرمی، س. ۱۳۹۶. تحلیل روند خشک‌شدن دریاچه ارومیه و مهمترین تأثیرات آن بر سکونتگاه‌های پیرامونی. فصلنامه پژوهش‌های روستایی، ۳۱(۳): ۴۳۹-۴۵۳.
- خوش اخلاق، ف.، حیدری، م.، مرادی مقدم، م. و مولایی پارده، ا. ۱۳۹۲. شبیه‌سازی تغییرات رژیم دمای مراغه در اثر خشک شدن دریاچه ارومیه. مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۸: ۱-۱۸.

بحران اخیر محیط‌زیستی و خشک‌شدن دریاچه ارومیه هم‌اکنون یکی از بزرگترین مخاطرات طبیعی کشور محسوب می‌شود که می‌تواند بحران‌های محیط‌زیستی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی-امنیتی را به‌دنبال داشته باشد. در صورت تداوم روند کنونی، این دریاچه در کمتر از ده سال آینده خشک خواهد شد و با خشک‌شدن کامل دریاچه ارومیه یک کویر نمک با وسعت بیش از ۴۴۰۰ کیلومتر مربع تشکیل خواهد شد. پیامدهای خشک شدن دریاچه، در شکل پیدایش کانون ریزگردساز در شمال‌غرب کشور، شوری و نابودی زمینه‌های کشاورزی استان‌های پیرامون (۶۰۷ هزار هکتار فقط از زمین‌های استان آذربایجان شرقی)، تخریب منابع معیشتی کشاورزی و دامداری که عمده‌ترین منبع درآمد ساکنان این منطقه است و برای سلامت ساکنان این مناطق تبعات منفی در پی خواهد داشت. زندگی مردم در این ناحیه از کشور با وضعیت اکولوژیک منطقه پیوند دارد و هرگونه تحول در اوضاع بوم‌شناسی منطقه، مفهوم امنیت در ابعاد مختلف آن (اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی) را برای ساکنان منطقه و به‌خصوص روستائیان، متاثر خواهد ساخت. بنابراین حفظ محیط در قالب جلوگیری از بروز سوانح طبیعی و غیرطبیعی ارتباط مستقیم با امنیت انسان‌ها خواهد داشت. لازم به ذکر است، بحران‌های پیش‌بینی نشده می‌تواند کلیه فعالیت‌های انسانی را تحت تأثیر قرار داده و در صورت بی‌توجهی تا سالیان زیادی ادامه خواهد یافت و تلفات جانی و مالی و آسیب‌های جدی سیاسی-امنیتی، آسیب‌های جسمی، روحی و روانی را بر مردم منطقه وارد خواهد کرد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد افزایش هزینه‌های تامین آب کشاورزی، افزایش فروش اجباری زمین کشاورزی، کاهش میزان ورود گردشگر به منطقه و کاهش میزان آب در دسترس کشاورزی در دوره بعد از سال ۱۳۸۸ نسبت به دوره قبل از ۱۳۸۸ از مهمترین پیامدها در بعد اقتصادی و افزایش اضطراب ناشی از پراکنش گرد و خاک و نمک، افزایش مشکلات و بیماری‌های پوستی و تنفسی، کاهش میزان تمایل به فعالیت فرزندان در محیط روستایی و شغل کشاورزی و کاهش میزان اعتماد در دوره بعد از سال ۱۳۸۸ نسبت به دوره قبل از ۱۳۸۸ از مهمترین پیامدها در بعد اجتماعی و همچنین افزایش میزان طوفان‌های نمک، افزایش انتقال نمک به مزارع کشاورزی، کاهش جریان رودخانه‌ها و روان‌آب‌ها و کاهش بارندگی در دوره بعد از سال ۱۳۸۸ نسبت به دوره قبل از ۱۳۸۸ از مهمترین پیامدها در بعد محیط‌زیستی بود. همچنین نتایج نشان داد بین وضعیت اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی ساکنان پیرامون دریاچه ارومیه، قبل و بعد از سال ۸۸ تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد. با استفاده از آزمون‌های مقایسه میانگین مشخص شد، وضعیت اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی مناطق

- Erdinger L., Hollert H. And Eckl P. 2011. Aral Sea: An ecological disaster zone with impact on human health. Reference module in earth system and environment. Journal of Encyclopedia of Environmental Health, 15: 136-144.
- Hesami A. and Amini A. 2017. Changes in irrigated land and agricultural water use in the Lake Urmia basin. Lake and Reservoir Management, 32(3): 288-296.
- Lemoalle J., Bader J., Leblanc M. and Sedick A. 2012. Recent changes in Lake Chad: Observations, simulations and management options (1973-2011). Global and planetary change, 80-81: 247-254.
- Manouchehri A. 2001. Drought and shallow water crisis, challenges, policies and plans to encounter, Water & Environment, 45: 15-21
- Mazhitova Z., Jensen S., Ritzen M. and Zetterstrom R. 1998. Chlorinated contaminants, growth and thyroid function in schoolchildren from the Aral Sea region in Kazakhstan. Acta paediatrica, 87: 991-995
- Nouri H., Mason R. and Moradi N. 2017. Land suitability evaluation for changing spatial organization in Urmia county towards conservation of Urmia lake. Applied geography, 81: 1-12
- Udmale P., Ichikawa Y., Manandhar S., Ishidaira H. and Kime A. 2014. Farmers' perception of drought impacts, local adaptation and administrative mitigation measures in maharashtra state, india. International journal of disaster risk reduction, 10: 250-269
- Zarghami M. and Rahmani M. 2017. A System Dynamics Approach to Simulate the Restoration Plans for Urmia Lake, Iran. Optimization and Dynamics with Their Applications, 3: 309-326.
- زالی، ن. ۱۳۸۸. آینده‌نگری توسعه منطقه‌ای با رویکرد سناریو مینا (نمونه موردی: استان آذربایجان شرقی)، رساله دوره دکتری، دانشگاه تبریز.
- ستاد احیای دریاچه ارومیه. ۱۳۹۶. خطرات و تهدیدات ناشی از خشکی دریاچه ارومیه ویژه فرمانداران و بخش‌داران.
- سلیمی‌ترکمانی، ح. ۱۳۹۰. بررسی مشکل محیط‌زیستی دریاچه ارومیه از منظر حقوق بین‌الملل محیط‌زیست. فصلنامه راهبرد. ۲۰(۵۸): ۱۷۷-۱۷۸.
- عقلمند، ر.، عباسی، ع. ۱۳۹۶. دریاچه ارومیه: چالش‌های محیط‌زیستی و راهکارهای کاهش اثرات آن. چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست. دانشگاه تهران، تهران.
- فراهانی، ح.، صفاری، ر. ۱۳۹۳. بحران کم شدن سطح آب دریاچه ارومیه و تأثیر آن در توسعه پایدار روستایی (مطالعه موردی: بخش گوکان شهرستان آذرشهر)، اولین همایش ملی آب، انسان و زمین. اصفهان.
- فنی، ز. و معروفی، ا. ۱۳۹۶. بررسی اثرات خشکی دریاچه ارومیه بر آسیب‌پذیری محیط‌زیست طبیعی و انسانی ناحیه پیرامون. فصلنامه علمی ترویجی محیط‌زیست، ۵۸: ۱-۱۶.
- گلی، ع.، ایران‌نژاد، ر. و صادقی جدیدی، ا. ۱۳۹۶. پیامدهای اقتصادی خشک شدن دریاچه ارومیه در روستاهای غرب و شرق آن. فصلنامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی، ۱۱۳(۱): ۱۳۶-۱۳۷.
- وفائیان، م.، هنجاری، ر. و میرزاپور پیردوستی، آ. ۱۳۹۵. بررسی علل خشکی دریاچه ارومیه، سومین کنفرانس ملی مهندسی عمران و توسعه پایدار ایران. موسسه آموزش عالی مهر اروند، تهران.
- Abbaspour M., Javid A., Mirbagheri S., Ahmadi Givi F. and Moghimi P. 2012. Investigation of lake drying attributed to climate. International Journal of Environmental Science and Technology, 9: 257-266.
- Behrouzrad B. 2007. Identification of fish eating birds. INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RESEARCH (IJER), 1(2): 88-95.

Article Type: Applied

نوع مقاله: کاربردی

## Solar Power Applications in Water and Wastewater Treatment Systems: a Review with Focus on the Current Status of Iran's NWW Co.

A.R. Mahmoudi<sup>1\*</sup>, M. Soltani asl<sup>2</sup>, B. Taghizadeh Darban<sup>3</sup>

1,3- MSc of Renewable Energy Engineering and MSc of Decomposition Chemistry, Khorasan Razavi Water and Wastewater Co., Iran. 2- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Asrar Institute of Higher Education, Mashhad, Iran.

\*(Corresponding Author Email: a.r.mahmoudi@ut.ac.ir)

Received: 16-06-2020

Accepted: 29-12-2020

## مروری بر کاربردهای انرژی خورشیدی در تأمین برق سامانه‌های آب و فاضلاب، با تأکید بر وضعیت موجود در آبفای ایران

امیررضا محمودی<sup>۱\*</sup>، محمد سلطانی اصل<sup>۲</sup>، بهرام تقی‌زاده دربان<sup>۳</sup>

۱- به ترتیب کارشناسی ارشد مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر و کارشناسی ارشد شیمی تجزیه، سازمان آب و فاضلاب استان خراسان رضوی، ایران. ۲- دکترای عمران-آب، استادیار موسسه آموزش عالی اسرار مشهد، ایران.

\*(نویسنده مسئول، E-Mail: a.r.mahmoudi@ut.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۹

### Abstract

Iran is located in one of the hot and arid regions of the world, the Middle East. The geo-location imposes specific conditions for water and power supply, simultaneously. Water and wastewater treatment facilities are strategic infrastructures that need to be fed with more renewable power. While having a critical look at PPA contract structure and the way governmental policies has held back private sector from investing in power plants for water and wastewater treatment facilities, this article will review the specific processes that benefit from solar power. Ultimately, the power cost that Iran's National Water and Wastewater Engineering Co. (NWW) pays, the amount it has invested in solar PV power generation, and the economic savings of such measures in the recent year are reported. The results revealed that only 1652 kw of PV panels are installed by urban water and wastewater organizations, which is capable of producing roughly 0.1 percent of the power demand of its facilities. The challenges section boldens two major issues that addressing them will foster organizations such as NWW to invest in PV power plants for their high-consumption facilities. These challenges can be categorized as a) issues with funding renewable energy projects within NWW, and b) lack of knowledge about the matter by individuals within the organization as well as void of or poor training schedules by the system.

**Keywords:** Photovoltaic, Solar Energy, Water and Wastewater Treatment.

### چکیده

کشور ایران، در یکی از مناطق گرم و خشک جهان، خاورمیانه، قرار گرفته است. چنین موقعیت جغرافیایی شرایط خاصی را به صورت هم‌زمان بر تأمین آب و برق مورد نیاز کشور تحمیل نموده است. تأسیسات آب و فاضلاب از زیرساخت‌های استراتژیک می‌باشد که نیاز به بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در تأمین توان مورد نیاز آن به خوبی احساس می‌شود. این مقاله مروری بر تجربیات و فرایندهای آب و فاضلاب که از انرژی خورشیدی خصوصاً برق فتوولتائیک بهره می‌گیرند خواهد داشت و در خلال آن به سیاست‌های داخل کشور در خصوص قراردادهای خرید تضمینی برق و تأثیر آن بر انگیزه سرمایه‌گذاری در این بخش توسط ارگان‌هایی همچون آبفا نگاهی انتقادی و تحلیلی دارد. در نهایت، وضعیت شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی کشور از نظر میزان مصرف انرژی، میزان سرمایه‌گذاری در تولید برق خورشیدی و صرفه‌جویی به دست آمده از این بابت بررسی می‌شود. نتایج نشان داد، ۱۶۵۲ کیلووات پنل فتوولتائیک در بدنه شرکت‌های آب و فاضلاب شهری نصب شده که چیزی در حدود یک دهم درصد از مصرف سالانه برق در این بخش را پوشش می‌دهد. در بخش چالش‌ها، نکاتی مطرح خواهد شد که در صورت اجرایی شدن، می‌تواند بر گسترش سرمایه‌گذاری در زمینه تولید برق فتوولتائیک جهت مصرف تأسیسات آب و فاضلاب تأثیرگذار واقع شود. این چالش‌ها به دو گروه الف) دشواری تأمین مالی طرح‌های انرژی خورشیدی در سازمان آب و فاضلاب، و ب) عدم اطلاع‌رسانی کافی و صحیح و کمبود آموزش نیروی انسانی سازمان در خصوص کاربردها و مزایای انرژی‌های تجدیدپذیر قابل تقسیم می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** برق فتوولتائیک، انرژی خورشیدی، تصفیه آب و فاضلاب.

انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توانند سهم قابل توجهی در ایجاد دسترسی به انرژی و آب در سراسر جهان داشته باشند. در بسیاری از نقاط دنیا که از فقر انرژی رنج می‌برند، منابع قابل توجه انرژی تجدیدپذیر وجود دارد. سازمان ملل متحد در سال ۲۰۱۵ با معرفی برنامه‌ای ۱۵ ساله، کشورهای عضو را موظف به حرکت به سوی ۱۷ هدف در زمینه توسعه پایدار نمود. دسترسی به آب پاکیزه و انرژی ارزان و پایدار برای همگان از جمله این اهداف هستند که به شدت با یکدیگر آمیخته و مرتبط می‌باشند. با بررسی عمیق‌تر مشخص است که دسترسی به دیگر اهداف این برنامه (مانند ریشه‌کن نمودن فقر و گرسنگی و سلامت جسمی) تا حد زیادی به دستیابی به اهداف مربوط به آب و انرژی وابستگی دارد (United Nations Sustainable Development, ۲۰۱۹). طبق پیش‌بینی‌های انجام شده، تا سال ۲۰۴۰ حدود ۵۷۰۰ گیگاوات به ظرفیت تولید انرژی تجدیدپذیر در سراسر جهان اضافه خواهد شد که حدود ۷۰ درصد از کل گسترش ظرفیت تولید می‌باشد. نکته شایان توجه این است که بخش اعظم از ظرفیت‌های جدید تجدیدپذیر، نیروگاه‌های فتوولتائیک می‌باشند (IEA, ۲۰۱۹). علت توجه به تکنولوژی فتوولتائیک، خواص منحصر به فرد آن است، که در ادامه شرح داده شده است: الف) تولید برق فتوولتائیک هم‌اکنون ارزان‌ترین گزینه برای تولید برق منفصل از شبکه در نقاط دور افتاده می‌باشد، ب) تکنولوژی فتوولتائیک اصولاً بسیار ماژولار بوده و تولید برق به این روش در مقیاس‌های بسیار کوچک تا بسیار بزرگ میسر می‌باشد، ج) مدت زمان مورد نیاز جهت تکمیل پروژه‌های مزرعه خورشیدی در مقایسه با دیگر روش‌های تولید برق کمتر می‌باشد و این پروژه‌ها سریع‌تر به بهره‌برداری خواهند رسید، د) مصرف آب در سیستم‌های فتوولتائیک بسیار کم و قابل چشم‌پوشی است. بیشتر مصرف آب مربوط به فرایندهای تولید پنل خورشیدی است. درحالی‌که سیستم تولید برق از حرارت خورشیدی که روش دیگری برای بهره‌گیری از خورشید می‌باشد، ردپای آبی قابل توجهی از خود به جا می‌گذارد. از نظر مقیاس و کاربرد سیستم‌های خورشیدی، سیستم‌های کوچک منفصل از شبکه می‌توانند همزمان برق مورد نیاز یک خانوار و انرژی لازم برای تأمین آب آشامیدنی را تأمین کنند. درحالی‌که در سمت دیگر این طیف، استفاده از برق تجدیدپذیر در تأسیسات مرکزی تصفیه آب و فاضلاب در شهرهای بزرگ نیز با موفقیت به انجام رسیده است. این موضوع اهمیت زیادی دارد؛ زیرا ۴٪ از برق تولیدی در ایالات متحده و همچنین در کشورهای پیشرفته اروپایی در تصفیه آب و فاضلاب و انتقال آب مصرف می‌شود (Energy Efficiency in Water and Wastewater Facilities, ۲۰۱۳). متأسفانه آمار صریح و رسمی در این زمینه در ایران وجود ندارد. بنابر اظهارات معاون آموزش و بهینه‌سازی سابا، مصرف برق در صنعت آب و فاضلاب کشور، ۲٪ از کل مصرف برق در کشور می‌باشد (ایلنا، ۱۳۹۴). اما بررسی دقیق آمار ارائه شده توسط مرکز آمار ایران در

زمینه مصرف برق در کشور و مقایسه آن با جداول ارائه شده توسط مرکز مدیریت مصرف انرژی سازمان آب و فاضلاب کشور، نشان می‌دهد این میزان بیشتر بوده و حدود ۳/۳٪ از مصرف برق در کشور در صنعت آب و فاضلاب رخ می‌دهد (درگاه ملی آمار ۱۳۹۵؛ دفتر انرژی سازمان آب و فاضلاب کشور، ۱۳۹۸ الف و ب). همچنین در کشور ما مناطق دورافتاده زیادی وجود دارند که از دسترسی به برق شبکه و آب قابل آشامیدن محروم هستند. این نکته، می‌تواند یادآور اهمیت موضوع برای وزارت نیرو در به‌کارگیری سیستم‌های مستقل آب رسانی و تصفیه فاضلاب جهت تأمین آب کشاورزی در این مناطق باشد. چنانچه این هدف در آینده مد نظر مسئولین قرار گیرد، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، خصوصاً انرژی خورشید می‌تواند مناسب‌ترین گزینه از نظر اقتصادی و جنبه‌های محیط زیستی باشد. مزیت مختص تکنولوژی فتوولتائیک این است که ماهیتی بسیار ماژولار دارد و این باعث می‌شود گستره کاربردهای آن در مسائل مربوط به آب و فاضلاب از سیستم‌های کوچک خانگی تا سیستم‌هایی در مقیاس یک روستا تا سیستم‌هایی به بزرگی تأسیسات آب‌رسانی یک شهر را شامل شود.

باتوجه به مطالب بیان شده و با در نظر گرفتن سهم قابل توجهی از برق تولیدی کشور که توسط سامانه‌های آب و فاضلاب به مصرف می‌رسد، اهمیت موضوع از دیدگاه مدیریت مصرف انرژی در کشور مشخص می‌شود. همچنین با مدیریت این بخش از مصرف برق و سوق دادن آن به سمت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، مزایای محیط زیستی از قبیل کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای محقق خواهد شد. هدف از این پژوهش، بررسی کاربردهای انرژی خورشیدی در تأمین توان سامانه‌های آب و فاضلاب، مرور تجربیات موفق در این زمینه در جهان، مرور پژوهش‌های انجام شده در این زمینه و بررسی وضعیت موجود از نظر مصرف انرژی و حجم سرمایه‌گذاری در تأمین برق خورشیدی در صنعت آب و فاضلاب کشور می‌باشد. داده‌های موجود در رابطه با شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی استان خراسان رضوی و شهر مشهد به‌عنوان واحدهای کوچکتری زیرمجموعه صنعت آب و فاضلاب کل کشور به‌صورت مجزا بیان شده است. در بخش‌های سوم و چهارم این مقاله، کاربردهای انرژی خورشیدی در سامانه‌های تأمین آب شرب و کشاورزی و در سامانه‌های تصفیه فاضلاب به‌صورت جداگانه بحث و بررسی شده است. در پایان براساس مطالبی که در بخش‌های نخست ارائه شد، مهمترین چالش‌هایی که پیش‌روی به‌کارگیری انرژی خورشید در تأمین حداقل بخشی از برق مصرفی سامانه‌های آب و فاضلاب کشور می‌باشد عنوان شده و پیشنهاداتی جهت رفع این معضلات ارائه شده است.

## روش تحقیق

این مقاله مروری برحسب هدف، در گروه مقالات مروری تبیینی انتقادی قرار می‌گیرد. چراکه بر استنتاج و تفسیر نتایج متمرکز بوده



و هدف آن آشکار ساختن پتانسیل‌های کاربرد انرژی خورشیدی در صنعت آب و فاضلاب و پر رنگ نمودن نقاط ضعف در این راستا می‌باشد. دامنه پژوهش، این مقاله کاربردهای انرژی خورشیدی در سامانه‌های آب و فاضلاب را بررسی کرده و باتوجه به نیاز اولیه انرژی در این صنعت که از طریق برق تأمین می‌شود، سعی شده بیشتر بر تولید برق فتوولتائیک تأکید شود. از نظر نوع سازماندهی مطالب، این مقاله از روش مفهومی (غیر تاریخی) تبعیت می‌کند.

## کاربرد انرژی خورشیدی در سامانه‌های تأمین آب شرب و کشاورزی

اهم راهکارهای تأمین آب شرب با استفاده از سیستم فتوولتائیک را می‌توان در موارد ذیل خلاصه نمود: الف) فرایند اسمز معکوس که در مرحله کاملاً تجاری قرار داشته و در اکثر نقاط دنیا به فراوانی استفاده می‌شود. درحالی‌که فناوری‌های دیگر مانند الکترودیالیز توسط شرکت‌های بسیاری در حال بررسی است و احتمال می‌رود به زودی امکان کاربرد آن در نقاط دوردست و خشک با آب زیرزمینی شور قابلیت تجاری شدن داشته باشد. ب) سیستم دیگری که کاربرد آن در تأمین آب شرب با استفاده از انرژی خورشیدی جذابیت بالایی دارد، میکروپزدایی آب شرب می‌باشد که ترکیب تشعشع ماوراء بنفش با پنل‌های فتوولتائیک به صورت مستقل از شبکه برق به راحتی در دسترس می‌باشد. ج) پمپ خورشیدی برای آب‌رسانی مصارف آشامیدنی و کشاورزی در مناطق روستایی. برای پمپ‌های خورشیدی خصوصاً تا ۵ کیلووات بازار خوبی وجود دارد، زیرا در این محدوده استفاده از پنل‌های خورشیدی بسیار موثر می‌باشد. این سیستم‌ها بسته به نیاز موردی، هم به صورت مستقل از شبکه و با استفاده از منبع ذخیره برق باتری و هم به صورت هیبرید شبکه نصب می‌شوند (PV solutions for supplying drinking water, ۲۰۱۹).

تأمین آب شرب با استفاده از آب شیرین کن‌های اسمز اسمز معکوس بسیار متداول است. تعداد تأسیسات نصب شده در ۳۰ سال گذشته به صورت تصاعدی افزایش یافته، اما نکته اصلی این است که تأمین آب به روش اسمز اسمز معکوس بیشترین مصرف انرژی از بین روش‌های مختلف را طلب می‌کند: ۳/۵ تا ۸ کیلووات ساعت بر متر مکعب (Olsson, ۲۰۱۵). اهمیت استفاده از برق خورشیدی در تأمین انرژی مورد نیاز آب شیرین کن‌ها، حتی در کشور پر نفتی همچون عربستان سعودی (جایی‌که طرح به کارگیری آب شیرین کن خورشیدی توسط پادشاه ملک عبدالله از سال ۲۰۱۰ کلید خورده) به خوبی درک شده است (Renewable Energy in the Water, Energy and Food). موارد زیادی از کاربرد آب شیرین کن در ترکیب با پنل فتوولتائیک در کشورهای در حال توسعه گزارش شده است (Ahmadi, ۲۰۱۵). و همکاران، ۲۰۲۰؛ Azevedo, ۲۰۱۴؛ Shouman و همکاران، ۲۰۱۵). در بسیاری از نقاط جهان که آب زیرزمینی شور می‌باشد (غلظت کمتر از ۱۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر)، تابش خورشید بسیار زیاد است. ماهیت تولید برق خورشیدی منقطع می‌باشد؛ اگرچه در اکثر نقاطی که با کمبود آب مواجه هستند، ساعات پیک تولید برق خورشیدی به خوبی

با ساعات پیک مصرف آب منطبق هستند، اما همچنان مهم است که تکنولوژی باتری خورشیدی به حدی گسترش یابد که بتوان با هزینه کمتری از برق خورشیدی در ساعات شب برای تصفیه آب استفاده نمود. این موضوع می‌تواند به استقبال بیشتر از سیستم‌های خورشیدی منجر شود. روش دیگری برای ذخیره‌سازی برق مازاد در طول روز، تولید آب آشامیدنی یا آب مناسب کشاورزی و ذخیره‌سازی آن در مخزن می‌باشد. استفاده یا عدم استفاده از سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی، به شرایط منطقه مورد نظر از نظر انرژی در دسترس و خصوصاً از نظر توان مالی ساکنان آن بستگی دارد. در کشورهای فقیرتر، اینکه برق در تمام ساعات شبانه روز در دسترس نباشد بیشتر پذیرفته می‌شود. درحالی‌که در کشورهای پیشرفته و غنی‌تر، تمایل برای پرداخت هزینه بیشتر در ازای رفاه بیشتر وجود دارد. برای درک بهتر این موضوع می‌توان به یک نمونه تجاری موفق در دریای کارائیب اشاره کرد تا هزینه‌هایی که کشورهای پیشرفته برای تأمین آب شرب پرداخت می‌کنند، آشنا شد. این پروژه با مقیاس متوسط توسط شرکت معتبر MEECO در جزیره دورافتاده جامبی بی آیلند<sup>۱</sup> در دریای کارائیب انجام شده است. این جزیره یک مقصد گردشگری لوکس می‌باشد که مشکلات اصلی آن تأمین برق و تأمین آب آشامیدنی است. شرکت مذکور با ترکیب پنل‌های فتوولتائیک، آب شیرین کن اسمز معکوس و باتری‌های خورشیدی به خوبی توانسته است بر این مشکلات غلبه نماید و اکنون این جزیره به مقصدی عالی برای خرید ملک و گردشگری تبدیل شده است. یک نیروگاه فتوولتائیک با ظرفیت ۵۱ کیلووات که با سازه ثابت ایجاد شده، برق مورد نیاز پمپ‌های تصفیه آب را تأمین نموده و مازاد تولید برق در باتری ذخیره می‌شود. سیستم پایش و مدیریت مصرف برق تعبیه شده می‌تواند در زمان مناسب از ذخیره برق باتری جهت مصارف خانگی یا تأمین برق آب شیرین کن استفاده نماید. مجموع برق تولیدی در سال توسط این سامانه بالغ بر ۷۶ مگاوات ساعت تخمین زده شده است (Solar energy for water treatment | meeco, ۲۰۱۹). از دیگر فعالیت‌های تجاری بزرگ بر پایه بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر در تصفیه‌خانه‌های آب می‌توان به طرح بزرگ شرکت ACCIONA اشاره نمود. این شرکت بین‌المللی که در بیش از ۴۰ کشور حضور فعال دارد، در پروژه با نام Renewat در شهر مورسیا در جنوب شرقی اسپانیا، جایی‌که منابع قابل توجه انرژی خورشید و باد در دسترس می‌باشد، توانسته بخش قابل توجهی از برق مورد نیاز ایستگاه تصفیه آب شهر نیم میلیون نفری را از انرژی‌های خورشید و باد تأمین نماید. در این پروژه نه تنها تولید برق تجدیدپذیر مد نظر بوده، بلکه با ایجاد یک سیستم مدیریت هوشمند، از یک طرف تولید برق تجدیدپذیر و از طرفی میزان مصرف آن توسط فرایندها را در حالت بهینه نگه می‌دارد. نتیجه چنین فرایند پیچیده و کاملی، کاهش ۳۰ درصدی مصرف برق تأسیسات هدف گزارش شده است. در نیروگاه پایلوت مذکور، ۱۴۳۰۰۰ کیلووات ساعت در سال برق تجدیدپذیر تولید می‌شود که معادل مصرف برق ۴۰ خانوار می‌باشد. همچنین از آزادسازی ۱۱۰ تن دی اکسید کربن در سال جلوگیری شده است. از نظر مالی، هزینه تصفیه آب ۲۴ درصد

کاهش داشته و از ۰/۴ یورو به ۰/۳ یورو به ازای هر متر مکعب آب رسیده است (Water treatment plants powered by renewable energies, ۲۰۲۰).

در سال ۲۰۱۵، سازمان انرژی‌های نو استرالیا (ARENA) تصمیم گرفت بررسی جامعی در زمینه فرصت‌های موجود در صنعت آب این کشور انجام دهد تا اولویت‌هایی که نیاز به گسترش دانش یا تأمین مالی دارند مشخص شده و قادر باشند سریعاً به گسترش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در آن صنعت انرژی‌بر بپردازند. به این ترتیب، شرکت مشاوران نام آشنای BECA به مطالعه موارد پیشین، نظرسنجی از اهالی صنعت جهت شناخت دیدگاه‌ها و میزان نفوذ انرژی‌های تجدیدپذیر و مهم‌تر از همه پیاده‌سازی تحلیل چند معیاره جهت مشخص نمودن اولویت‌های سرمایه‌گذاری پرداخت (BECA, ۲۰۱۵)، و در نهایت گزارش جامعی تهیه و منتشر نمود. در این گزارش فرصت‌های به کارگیری انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در سراسر صنعت آب آن کشور بررسی شد. مهم‌ترین فاکتورهایی که در آن پژوهش به منظور رتبه‌بندی اولویت‌ها استفاده شده، می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود: الف) مقیاس محتمل برای به کارگیری انرژی خورشیدی در آینده (سال ۲۰۴۰)، ب) پتانسیل رشد آن، ج) توانایی سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر استرالیا در ترغیب سرمایه‌گذاری در آن زمینه به خصوص و د) میزان تطابق با اولویت‌های موجود در آن شرکت در بازه زمانی تحقیق. باتوجه به مطالب مطرح شده، واضح است پژوهش مذکور جامع و مانع بوده و از نظر مبانی نظری و روش تحقیق معتبر می‌باشد. بنابراین بررسی نتایج حاصل از آن می‌تواند از جهت تطابق با شرایط کشور بسیار مفید باشد. در نتیجه آن پژوهش، اولویت‌های اصلی ذیل برای سرمایه‌گذاری و گسترش دانش مشخص شد: ۱) کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در پمپاژ آب و آبیاری، ۲) تکنولوژی ذخیره‌سازی و مدیریت تقاضا. در گزارش مذکور، علاوه بر اشاره به پمپ‌های آب کشاورزی به عنوان یک مصرف‌کننده بزرگ برق، به مصرف بالای برق پمپاژ در شبکه آب شهری تأکید شده است. به گونه‌ای که این پمپ‌ها بخش اعظم انرژی شبکه آبرسانی را مصرف می‌کنند. بهترین مکان‌ها برای کاربرد برق خورشیدی جایی است که تعرفه‌های برق بیشتر باشد و در نقاطی که برق شبکه سراسری در دسترس نباشد. در راستای افزایش نفوذ پمپاژ خورشیدی در سامانه‌های آبرسانی در نقاط خارج از شبکه سراسری برق یا در حاشیه‌های آن، توصیه شده که بر گسترش فناوری‌های ذخیره‌سازی آب و برق تمرکز شود. علاوه بر تولید باتری‌های خورشیدی ارزان‌تر و مقاوم‌تر، می‌توان به این نکته توجه داشت که می‌توان در ساعات فراوانی نور خورشید، مازاد برق را جهت پمپاژ آب به مخازنی در ارتفاع و ذخیره‌سازی جهت ساعات شب مصرف نمود. به این ترتیب نیاز به استفاده از باتری‌های پر هزینه از بین می‌رود. این قابلیت خاص سیستم‌های آبرسانی را می‌توان در حالتی که از برق شبکه استفاده می‌شود نیز به کار گرفت تا در ساعات غیر پیک که تعرفه برق کمتر است، پمپاژ آب به مخزن انجام و در ساعات اوج مصرف برق که تعرفه‌ها حداکثر هستند پمپ‌ها خاموش شوند.

استفاده از انرژی خورشیدی در تأمین برق تأسیسات تصفیه آب (اسمن) از چند جهت مزیت دارد. در نقاط دوردست کویری که کیفیت آب زیرسطحی معمولاً پایین است، برق در دسترس نیست یا انتقال آن هزینه‌بر می‌باشد و همزمان تابش خورشید زیاد است. حداکثر شدت تابش خورشید با پیک مصرف آب در تابستان همزمان است. همچنین خرید برق از شبکه برای تصفیه آب در ساعات ظهر در مناطق کویری باعث افزایش شدید هزینه منظور شده در قبوض برق می‌شود، زیرا در ساعات اوج گرما که با ساعات اوج مصرف برق همخوانی دارد، تعرفه برق گران‌تر خواهد بود. شایان ذکر است مطالعه‌ای در استرالیا این مطلب را تایید می‌نماید (Schäfer and Richards, ۲۰۰۹). مطالعه‌ای در آمریکا نشان می‌دهد برای ایجاد استقلال از شبکه برق با تأمین برق خورشیدی برای ایستگاه تصفیه آب چاه که به مصرف شهروندان می‌رسد، برای تصفیه تقریباً نیم مترمکعب آب چاه در ثانیه می‌توان ۱/۵ مگاوات پنل و ۳۰ مگاوات ساعت باتری ایجاد نمود تا ارزش خالص فعلی<sup>۲</sup> مثبت و هزینه تراز شده انرژی<sup>۲</sup> برابر با ۳/۱ سنت بر کیلووات ساعت داشته باشد. همچنین میزان کاهش تولید کربن دی اکسید در اثر این انتخاب قابل توجه خواهد بود که در کشورهای پیشرفته نکته حائز اهمیتی می‌باشد که در بهره‌وری اقتصادی طرح نیز تأثیرگذار است (Bukhary و همکاران، ۲۰۲۰). در مناطقی که برق به راحتی در دسترس نیست و منابع آب نیز فاصله زیادی دارد، معمولاً آب با استفاده از تانکر به مناطق مسکونی حمل می‌شود که گزینه گرانی است و به دلایل مختلفی در برخی از برهه‌های زمانی قطع می‌شود. در این حالت، می‌توان از پمپاژ فتوولتائیک استفاده نمود. از میان مزایای سیستم پمپاژ آب فتوولتائیک، بر چهار نکته معمولاً تأکید بیشتری وجود دارد: ۱) کارکرد خودکار بدون نیاز به اپراتور ۲) هزینه نگهداری پایین (۳) نصب آسان (۴) عمر طولانی. حتی در مقالات تایید شده که پمپاژ فتوولتائیک در مقایسه با پمپاژ با استفاده از ژنراتور دیزل، هم در مناطق شهری و هم در مناطق روستایی، از نظر اقتصادی ممکن می‌باشد (Jones و Olsson, ۲۰۱۷). هندوستان از نظر میزان سوبسید پرداخت شده از طرف دولت روی برق شبکه بسیار به ایران شباهت دارد. کشاورزان تنها ۱۳٪ از قیمت واقعی برق را پرداخت می‌کنند (Reforming Energy Subsidies Could Curb India's Water Stress, ۲۰۱۹). در حالی که ۲۶ میلیون عدد پمپ کشاورزی در هندوستان وجود دارد که ۱۲ میلیون از آنها با برق شبکه کار می‌کنند (Renewable Energy in the Water, Energy & Food, Nexus, ۲۰۱۵). هزینه‌های سوبسیدی دولت برای برق کشاورزی کمرشکن شده و از طرفی فروکش نمودن تدریجی سطح آب‌های زیرزمینی، مصرف برق را روز به روز افزایش داده و اوضاع هر روز وخیم‌تر می‌شود. بنابراین هندوستان اعلام کرده قصد دارد بسیاری از ۲۶ میلیون پمپ آب کشاورزی را با پمپ خورشیدی جایگزین نماید (Shim, ۲۰۱۷). پیش‌بینی می‌شود این سیاست‌گذاری باعث افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی شود. به این منظور کشاورزانی که برای تهیه پمپ خورشیدی از اعتبارات دولتی استفاده می‌کنند متعهد می‌شوند حتماً از سیستم آبیاری قطره‌ای بهره‌گیری کنند. همچنین در

آفریقا بیش از ۳۰۰ میلیون نفر از دسترسی به آب مرغوب آشامیدنی محروم هستند و بیش از ۴۰ درصد خانوارهای روستایی لوله‌کشی آب ندارند. همچنین بسیاری نقاط قاره آفریقا دچار فقر انرژی هستند- به این معنی که شبکه برق‌رسانی وجود ندارد یا برق‌رسانی به صورت مقطعی انجام می‌شود. در حالی که تابش خورشید در پایتخت کشورهای آفریقایی تا دو برابر کشوری مانند آلمان نیز گزارش شده است (Irena, ۲۰۱۶). به این ترتیب، نصب پنل‌های خورشیدی در آفریقا به سرعت در حال گسترش می‌باشد. سیستم‌های آب‌رسانی خورشیدی فراوانی با حمایت بانک پیشرفت آفریقا در این قاره ساخته شده که بیش از ۱۲۵۰ پمپ دستی چاه‌های آب را از رده خارج نموده است. جاییکه مردم برای دریافت آب صف می‌کشیدند. در داخل کشور، اگرچه سهم بخش کشاورزی از مجموع مصرف انرژی کشور ناچیز بوده و هست، اما آمارها نشان می‌دهد تقاضا برای حامل‌های نفتی کاهش یافته و مصرف برق و گاز طبیعی به شدت افزایش داشته است. میزان مصرف برق همچنین بیشتر از نفت و گاز و تقریباً دو برابر گاز طبیعی است. بیشترین مصرف مستقیم برق جهت موتور پمپ چاه‌های کشاورزی است. طبق گزارش مرکز پژوهش‌های وزارت جهاد کشاورزی، در ایران در پی اجرای سیاست‌های کلان کشور در راستای برق‌دار نمودن چاه‌های آب کشاورزی، مصرف برق کشاورزی رشد وسیعی را تجربه نمود. در سال ۱۳۹۴، ۲۴۵٫۳ هزار حلقه چاه کشاورزی به پمپ‌های برقی مجهز شدند که متوسط دیماند آنها ۳۵ کیلووات بوده است. این مهم اهمیت حرکت به سمت تأمین برق خورشیدی برای چاه‌ها را نشان می‌دهد. براساس گفته‌های مجری طرح برق‌دار کردن چاه‌های کشاورزی در سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت، برق‌دار کردن ۸۴ هزار حلقه چاه کشاورزی جدید به تدریج در دستور کار وزارت نیرو قرار گرفته که عملیات اجرایی آن در سال ۱۳۹۹ آغاز خواهد شد (طرح برق‌دار کردن چاه‌های کشاورزی در سال ۹۹ اجرایی می‌شود ۱۳۹۸). در حالی که این طرح با هدف کاهش مصرف سوخت در ژنراتورهای دیزل صورت می‌پذیرد، نگرانی‌ها از افزایش مصرف برق و افزایش غیر مستقیم مصرف سوخت در نیروگاه‌ها، افزایش پیدا می‌کند. شایان ذکر است در سال ۱۳۹۶، ۲۰ درصد از کل مصرف برق استان خراسان رضوی توسط چاه‌های کشاورزی انجام شده است (مصرف ۲۰ درصد برق خراسان رضوی توسط چاه‌های آب کشاورزی ۱۳۹۶).

در ایران پژوهش‌هایی در خصوص به‌کارگیری انرژی خورشیدی در سامانه‌های آب‌رسانی و تصفیه آب انجام شده است. حسینی بیدار و متین پور (۱۳۹۷) با امکان‌سنجی استفاده از پمپ‌های خورشیدی در صنعت آبفا به این نتیجه رسیدند که در چاه‌های عمیق شهر ازندریان استان همدان، استفاده از پمپ‌های خورشیدی از لحاظ فنی و اقتصادی میسر نمی‌باشد. فاضل (۱۳۹۱)، استفاده از برق خورشیدی برای سیستم پمپاژ ایستگاه ائل گلی تبریز را پیشنهاد نموده است. وی در این پژوهش سیستمی به منظور ردیابی نقطه حداکثر توان<sup>۴</sup> پیشنهاد نمود، که در شرایط تغییر ناگهانی آب و هوا عملکرد بالایی داشت و توان فتوولتائیک را در حداکثر مقدار خود در هر شرایط آب و هوایی نگاه می‌دارد. باتوجه به نیاز آبفای استان خراسان شمالی، سلیمانی و

مهدوی چاپک (۱۳۹۷) به امکان‌سنجی و شبیه‌سازی استفاده از هیبرید انرژی خورشیدی و برقابی به منظور تأمین توان سیستم‌های پمپاژ آب و تصفیه خانه‌های استان پرداختند. مورد مطالعه ایشان ایستگاه پمپاژ و تصفیه خانه آب سد شیرین دره بجنورد بود.

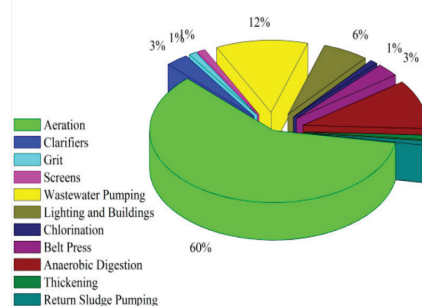
به طور خلاصه، مهمترین کاربردهای انرژی خورشیدی در رابطه با سامانه‌های تأمین آب شرب را می‌توان به این صورت بیان نمود: الف) تأمین برق مورد نیاز در آب شیرین‌کن‌های اسمز معکوس، ب) تأمین برق مورد نیاز برای میکروپمپ‌زدایی آب به وسیله تکنولوژی اشعه ماوراء بنفش و ج) تأمین برق پمپ‌های شبکه و پمپ‌های کشاورزی. بزرگترین عاملی که می‌تواند به گسترش روز افزون استفاده از انرژی خورشیدی و اقبال عمومی به این موضوع کمک نماید، بهبود روش‌های ذخیره‌سازی انرژی خورشید به منظور استفاده از آن در ساعات شب می‌باشد. این مهم از طریق تولید باتری‌های مناسب‌تر و بهبود روش‌های ذخیره آب ممکن می‌باشد. البته مسائل اجتماعی و فرهنگی و همچنین سطح برخورداری مالی منطقه نیز در نحوه به‌کارگیری این سیستم‌ها موثر می‌باشد. در بخش کشاورزی، پمپاژ آب برق زیادی مصرف می‌نماید که این مساله با اجرای طرح برق‌دار کردن چاه‌های کشاورزی و افزایش دیماند مصرفی این چاه‌ها پیچیده‌تر خواهد شد. در زمینه امکان به‌کارگیری انرژی خورشیدی در تأمین توان این بخش مطالعات محدودی در کشور انجام شده است.

#### کاربرد انرژی خورشیدی در سامانه‌های تصفیه فاضلاب

در رابطه با امکان کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر و خصوصاً انرژی خورشیدی در تأسیسات تصفیه فاضلاب، باید ابتدا با نحوه مصرف انرژی در فرایندهای مختلف تصفیه آشنا شد و سپس میزان فراگیری فرایندهای مختلف را در شبکه تصفیه فاضلاب ایران مد نظر قرار داد. به‌طور کلی مصرف انرژی در تأسیسات تصفیه فاضلاب را می‌توان به دو بخش مستقیم و غیر مستقیم تقسیم نمود. مصرف مستقیم شامل برق مورد نیاز برای کارکرد پمپ‌ها، دمنده‌های هوا و غیره است. مصرف غیر مستقیم شامل مواد شیمیایی است که در حذف فسفر و آبیگری از لجن کاربرد دارد و مقدار آن نسبتاً ناچیز است. در فرایندهای ثانویه تصفیه فاضلاب، مصرف برق پمپ فاضلاب حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد از کل مصرف را شامل می‌شود، تصفیه بیولوژیکی حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد، فرآوری لجن و دور ریختن آن ۱۰ تا ۲۵ درصد و ترکیب این سه فرآیند بیش از ۷۰ درصد مصرف انرژی را در بر می‌گیرد (Guo و همکاران، ۲۰۱۹). شکل (۱) مصرف انرژی در یک سیستم مرسوم لجن فعال را نشان می‌دهد. جاییکه عملیات هوادهی بخش اعظم توان را مصرف می‌نماید (۶۰٪). در سیستم‌های امروزی با افزایش نگرانی‌های محیط‌زیستی، استفاده از فیلتر شنی و فیلتر ماورا بنفش افزایش یافته است. بنابراین می‌توان ادعا نمود بیشترین پتانسیل جهت کاهش مصرف انرژی در پمپ‌های لیفت فاضلاب و عملیات هوادهی پنهان می‌باشد.

براساس اطلاعات به‌دست آمده از مرکز آمار ایران، در سال ۱۳۹۵، ۷۴

% از جمعیت ایران شهرنشین بودند و براساس پیش‌بینی‌های انجام شده این عدد تا ۸۰٪ در سال ۱۴۱۵ افزایش خواهد یافت که باتوجه‌به افزایش روز افزون جمعیت کل کشور، به معنی افزایش ۱۷ میلیون نفری جمعیت شهری از سال ۱۳۹۵ تا سال ۱۴۱۵ می‌باشد (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۹). همچنین، انتظار می‌رود در سال ۲۰۵۰ میلادی (۱۴۲۹ شمسی)، نسبت جمعیت شهرنشین در ایران به ۸۶ درصد افزایش یابد (معاونت بررسی‌های اقتصادی اتاق بازرگانی تهران، ۱۳۹۷). از دیدگاه سازمان‌های آب و فاضلاب، تمامی این آمار به معنی اهمیت روز افزون گسترش شبکه زیرساخت‌ها و به‌ویژه دسترسی به شبکه فاضلاب شهری می‌باشد. درحالی‌که براساس گفته‌های وزیر نیرو در سال ۱۳۹۸ تنها ۵۱٪ از جمعیت شهری کشور تحت پوشش شبکه فاضلاب بوده است (ایرنا، ۱۳۹۸). شایان ذکر است، این رقم نشان می‌دهد رشد صورت گرفته نسبت رشد پیش‌بینی شده در گذشته به میزان قابل توجهی کمتر بوده (مسافری و همکاران، ۱۳۸۱) و بیان‌کننده نیاز به رشد فزاینده در زمینه گسترش شبکه فاضلاب می‌باشد.

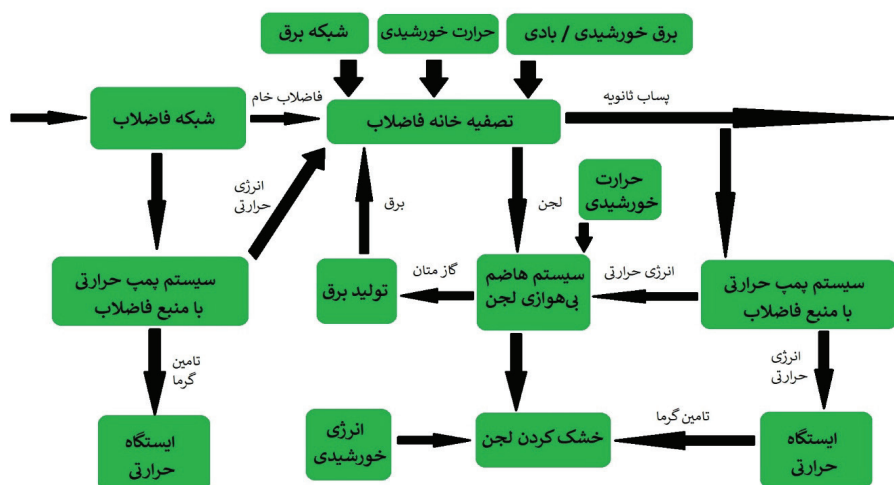


شکل ۱- مصرف انرژی در بخش‌های مختلف یک سامانه تصفیه فاضلاب به روش لجن فعال (Guo و همکاران، ۲۰۱۹)

فهمی‌نیا و همکاران (۱۳۹۰) موانعی را که بر سر راه گسترش شبکه‌های جمع‌آوری و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در کشور وجود دارد بررسی نموده که در میان آن‌ها عواملی همچون بافت نامناسب شهر و کم عرضی معابر عمومی مشاهده می‌شود که نشان می‌دهد در احداث تصفیه‌خانه اولویت نزدیک بودن به شهر در نظر گرفته

می‌شود، یکی از دلایل آن تسهیل امر انتقال برق تا سایت تصفیه‌خانه می‌باشد. در صورتی‌که از انرژی‌های تجدیدپذیر به‌منظور تأمین برق تصفیه‌خانه‌ها به‌صورت مستقل از شبکه استفاده شود، امکان احداث تصفیه‌خانه در نقاط مناسب‌تر فراهم می‌شود. از نظر فرایندی، در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری احداث شده در کشور تا سال ۱۳۹۵، از حدود ۱۸۳ تصفیه‌خانه، تقریباً ۸۰ تصفیه‌خانه براساس فرایند لجن فعال و اصلاح شده آن، ۴۶ تصفیه‌خانه براساس برکه تثبیت، ۴۲ تصفیه‌خانه براساس فرایند لاگون هوادهی، ۱۳ تصفیه‌خانه براساس فرایند SBR و ۲ تصفیه‌خانه براساس وتلند<sup>۵</sup> (تالاب) می‌باشد (وضعیت تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری موجود در کشور، ۱۳۹۷).

باتوجه‌به فعالیت تعداد زیاد ایستگاه‌های تصفیه فاضلاب، مشکل دفع لجن این ایستگاه‌ها شدیدتر شده است. به‌منظور کاهش هزینه دفع لجن، باید ابتدا حجم آن را طی فرایند آب‌گیری کاهش داد. حتی پس از دستیابی به حداکثر کاهش محتوی آب لجن در فرایند آب‌گیری مکانیکی (۵۰ تا ۶۰ درصد ماده خشک)، می‌توان با استفاده از تکنولوژی خشک کن حرارتی در ترکیب با فرایند احتراق باز هم حجم لجن را کاهش داد (Arashiro و همکاران، ۲۰۱۸). از انرژی خورشیدی، به‌عنوان فراوان‌ترین منبع انرژی تجدیدپذیر، می‌توان در فرایند تصفیه فاضلاب بهره گرفت. شکل (۲) استفاده از انرژی خورشیدی در فرایند تصفیه فاضلاب را نمایش می‌دهد. کاربرد حرارت خورشیدی در تصفیه فاضلاب اصولاً شامل سه جنبه می‌باشد: الف) حرارت خورشیدی توسط کلکتور خورشیدی جمع‌آوری شده و در افزایش دمای فرایند و به تبع آن افزایش راندمان تصفیه استفاده شود (Mahmoodi و همکاران، ۲۰۱۸). ب) استفاده از حرارت خورشید در آب‌گیری از لجن یا کاهش محتوای آب فاضلاب در برخی فرایندهای تصفیه فاضلاب صنعتی (Rodríguez و همکاران، ۲۰۱۸). ج) حرارت خورشید را می‌توان در تبخیر فاضلاب و تصفیه آن در برخی فاضلاب‌های خاص صنعتی استفاده نمود (Rodríguez و همکاران، ۲۰۱۸). کاربرد پنل‌های فتوولتائیک در تصفیه فاضلاب بیشتر دو جنبه را شامل می‌شود: الف) تأمین برق فرایند الکترولیز در پاکسازی آلاینده‌ها. ب) تأمین برق مورد نیاز در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب شهری (Al-Saed و Taha، ۲۰۱۷).



شکل ۲- نقاط مصرف انرژی در فرایند تصفیه فاضلاب (Guo و همکاران، ۲۰۱۹)



مرور کامل نمونه‌های کاربرد سیستم‌های حرارت خورشیدی در تصفیه فاضلاب در این مجال نمی‌گنجد و در صورت نیاز می‌توان با مراجعه به (Huang و Liu؛ ۲۰۱۷ و Hervas؛ ۱۹۹۹، Luboschik؛ ۲۰۱۵ و Foteinis و همکاران، ۲۰۱۸؛ Mathioudakis و همکاران، ۲۰۰۹؛ Khan Mamun و همکاران، ۲۰۱۷) اطلاعات دقیق‌تری در این باره کسب نمود. در این پژوهش بیشتر در رابطه با کاربرد برق فتوولتائیک بحث خواهد شد که برخی محققین معتقد هستند کاربرد آن در تأمین برق فرایند تصفیه بیولوژیکی می‌تواند مصرف برق در تأسیسات تصفیه فاضلاب شهری را کاهش دهد (Fadhil and El-Halwagi؛ ۲۰۱۸). اینگونه ایستگاه‌های تصفیه به صورت تمام وقت تحت بار کامل کار می‌کنند و مصرف برق بالایی دارند. هزینه برق در این مراکز، بالغ بر ۳۰ درصد هزینه‌ها را تشکیل می‌دهد. در صورت بهره‌گیری از قراردادهای ممیزی انرژی و بهینه‌سازی مصرف انرژی در کنار به‌کارگیری انرژی خورشیدی ظرفیت بهره‌وری دو چندان افزایش می‌یابد. Hudnell و همکاران (۲۰۱۱) روش سنتی هوادهی در استخر اکسیداسون را با ایجاد اغتشاش و چرخش در مخزن جایگزین نمودند و برق مورد نیاز آن را با پنل‌های فتوولتائیک تأمین کردند. به این ترتیب نه تنها هزینه‌های جاری فرایند را کاهش دادند، بلکه از نظر کاهش بوی فاضلاب، کاهش تولید لجن، و کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای به پیشرفت چشمگیری دست یافتند. Han و همکاران (۲۰۱۳) از پنل فتوولتائیک بدون باتری برای تأمین برق حوضچه اکسیداسیون استفاده کردند که در طرح آنها آغاز به کار و خاموش شدن سیستم خورشیدی به صورت خودکار با سنجش شدت تابش خورشیدی انجام می‌شود. همچنین از فرصت‌های موجود در ایستگاه‌های تصفیه فاضلاب می‌توان به منظور تولید برق خورشیدی مازاد و فروش یا مصرف آن در تأسیسات دیگر استفاده نمود. به این ترتیب تأسیسات مورد نظر از نظر تراز انرژی مثبت خواهد شد. تصفیه‌خانه‌های فاضلاب عموماً تعداد زیادی تانک هوادهی دارند که فضای زیادی را در تصفیه‌خانه اشغال می‌کنند. می‌توان به خوبی از سطح روی این تانک‌ها برای نصب پنل فتوولتائیک استفاده نمود. همچنین مخزن اصلی تصفیه فاضلاب نیز فضای خوبی به این منظور فراهم می‌نماید. همچنین سطح استخرهای روباز موجود در تصفیه‌خانه‌ها که معمولاً بیشتر سطح ایستگاه را تشکیل می‌دهند نیز از سه جهت برای نصب آرایه خورشیدی مزیت دارد: الف) سایه پنل‌ها روی سطح استخر باعث کاهش تبخیر و هدر رفت آب می‌شود ب) کاهش تابش نور به درون استخر از رشد بی‌رویه میکروارگانیسم‌ها جلوگیری می‌کند ج) هوای نزدیک به سطح استخر خنک‌تر از محیط می‌باشد که باعث خنک شدن پنل‌های خورشیدی و افزایش راندمان کارکرد آنها می‌شود. از این ایده در ایجاد نیروگاه فتوولتائیک ۴۰۰ کیلوواتی تصفیه‌خانه جنوب شرق تهران به خوبی بهره‌گیری شده است (راه‌اندازی نیروگاه خورشیدی در تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران، ۱۳۹۷). در آن تصفیه‌خانه، ۱۱۷۷ عدد پنل خورشیدی روی کانال پساب خروجی نصب شده که مساحت ۳۱۲۰ مترمربع از این کانال را پوشش می‌دهد. نصب این پنل‌ها به صورت شناور نبوده و با استفاده از سازه‌های بالاست فلزی در طرفین کانال تکیه شده است. به این ترتیب

پنل‌ها روی کانال سایه می‌اندازند (شکل ۳). در تصفیه‌خانه فاضلاب شرق چین که ظرفیت تصفیه ۸۰۰ هزار تن فاضلاب در روز را دارد، با نصب و راه‌اندازی سامانه فتوولتائیک، به میزان ۸۴٪ در مصرف انرژی صرفه‌جویی شده است (Xu و همکاران، ۲۰۱۷).



شکل ۳- نصب پنل‌ها روی کانال فاضلاب و امتداد در مسیر آن در نیروگاه ۴۰۰ کیلوواتی تصفیه‌خانه جنوب تهران (راه‌اندازی نیروگاه خورشیدی در تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران، ۱۳۹۷)

Guo و همکاران (۲۰۱۹) با روش‌شناسی پروژه‌های انجام شده در زمینه تصمیم‌گیری در ساخت نیروگاه خورشیدی در تأسیسات آب و فاضلاب، روش‌های مورد استفاده را طبقه‌بندی نمودند. براساس پژوهش آن‌ها، روش‌های تصمیم‌گیری شامل روش تحلیل سلسله مراتبی<sup>۶</sup>، تحلیل چرخه عمر<sup>۷</sup>، برآورد جامع فازی<sup>۸</sup>، مقایسه مصرف انرژی مخصوص<sup>۹</sup> و روش مقایسه مصرف انرژی هر واحد<sup>۱۰</sup> می‌باشد. در روش مقایسه مصرف انرژی واحد، تأسیسات مورد نظر به واحدها و بخش‌های جداگانه‌ای تقسیم شده و مصرف انرژی هر یک از جنبه‌های گوناگون بررسی و شاخص‌های ویژه‌ای که برای آن‌ها وجود دارد محاسبه و با یکدیگر مقایسه می‌شود. به این ترتیب بخش‌هایی که بیشترین مصرف و هدررفت انرژی را دارند مشخص شوند. این شاخص‌ها را می‌توان در گروه‌های ذیل طبقه‌بندی نمود: شاخص‌های دستگاه، شاخص‌های مصرف انرژی مخصوص، شاخص‌های آلایندگی، بهره‌برداری و بازیافت از منابع، بهره‌برداری و مدیریت، پایداری. جزئیات بیشتر درباره انواع شاخص‌های هر یک از این گروه‌ها را می‌توان در تحقیقات (Guo و همکاران، ۲۰۱۹) مشاهده نمود. به عنوان نمونه خارج از کشور از انجام چنین پروژه‌هایی، می‌توان به تأمین برق مورد نیاز تصفیه‌خانه فاضلاب شهر جدید سیلور سیتی<sup>۱۱</sup> در ایالات متحده با استفاده از پنل‌های خورشیدی اشاره نمود. سیستم مذکور در سال ۲۰۱۳ نصب و راه‌اندازی شد و در آن سال پیش‌بینی شد در یک دوره ۲۰ ساله، مبلغ چهار میلیون دلار صرفه‌جویی در قبض برق آن تأسیسات خواهد شد (Solar Electricity Powers the Wastewater Treatment Plant، ۲۰۱۹). در دره اردن در پی خشکسالی‌های دهه اخیر، نیاز شدید به تأمین آب کشاورزی، مسئولین را به این نتیجه رسانده که از فاضلاب تصفیه شده ایستگاه تصفیه فاضلاب تل المنطخ به منظور کمک به آبیاری مزارع اطراف بهره‌گیری کنند. به این منظور ابتدا باید ظرفیت تصفیه آن ایستگاه را پایدار سازی می‌کردند. با وجود شبکه برق سراسری در آن منطقه، قرار گرفتن ایستگاه در حاشیه‌های شبکه و همچنین مشکلات تولید و توزیع برق سراسری در اردن، باعث شده مشکل اصلی در آن ایستگاه



عدم تأمین برق با کیفیت و ثابت بوده باشد. به منظور تأمین برق خورشیدی برای ایستگاه، یک آرایه فتوولتائیک نصب شد که ۹۰ درصد از برق ایستگاه را تأمین می‌نماید. باتوجه به هزینه نسبتاً زیاد برق در اردن، مقادیر قابل توجهی صرفه‌جویی اقتصادی از این محل حاصل می‌شود که برنامه‌ریزی شده در تأمین قطعات جدید، تعمیرات، و تست شیمیایی کیفیت آب هزینه شود (Laura Maeso Velasco and Udo Gattenlöhner, ۲۰۱۹). با توجه به گزارش سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده<sup>۱۳</sup>، مشخص شد چهار درصد از برق کشور در صنعت آب و فاضلاب مصرف می‌شود و ۴۰٪ از هزینه‌های جاری ایستگاه‌های تصفیه فاضلاب را قبوض برق تشکیل می‌دهد. به همین دلیل، ایجاد نیروگاه‌های خورشیدی فتوولتائیک درون ایستگاه‌ها یا زمین‌های اطراف تصفیه‌خانه‌ها و ایستگاه‌های پمپاژ در دستور کار قرار گرفته است. به عنوان نمونه، در شهر اسپراگ ایالت کنتیکت، یک شرکت انرژی تجدیدپذیر نیروگاه فتوولتائیکی در زمین جنب تصفیه‌خانه فاضلاب ایجاد نموده که با ۳۷۸ پنل و ظرفیت ۱۳۷ کیلوواتی خود ۸۰ درصد از برق مورد نیاز تصفیه‌خانه را تولید می‌نماید (Ludt, ۲۰۱۹). لازم به ذکر است مدل مالکیت و شکل قرارداد خرید برق<sup>۱۴</sup> در ایالات متحده (و اغلب کشورها) با مدلی که در ایران اتخاذ شده متفاوت می‌باشد. در مدل کشورهای پیشرفته، قرارداد خرید تضمینی برق مابین مصرف کننده و یک شرکت انرژی تجدیدپذیر منعقد می‌شود طی آن شرکت مذکور موظف است نیروگاه را ساخته، بهره‌برداری و طی مدت قرارداد (معمولاً ۲۰ ساله) نگهداری نماید. به این ترتیب مالکیت نیروگاه نیز به شرکت سازنده خواهد رسید. در این میان، نکته مثبت برای سفارش دهنده نیروگاه (خریدار برق) این است که برق خود را با نرخ ثابتی که کمتر از تعرفه برق شبکه سراسری است در کل مدت قرارداد تهیه و تضمین می‌نماید. از طرفی، علاوه بر کمک به حفظ محیط زیست، از برخی معافیت‌های مالیاتی و امتیازهای اعتباری برخوردار خواهد شد. به عنوان مثال در نمونه‌ای که ذکر شد، شرکت گرین اسکایز<sup>۱۵</sup> که یک شرکت انرژی تجدیدپذیر می‌باشد با مالک تصفیه‌خانه قرارداد خرید تضمینی برق منعقد کرده و طی دوره ۲۰ ساله تمام عملیات نگهداری نیروگاه را بر عهده گرفته و برق تولیدی را با قیمت مشخصی به تصفیه‌خانه می‌فروشد. این برخلاف ایران است که مالکیت نیروگاه خورشیدی در اختیار صاحب ملک باقی مانده، بهره‌برداری معمولاً بر عهده مالک است مگر آن که قرارداد جداگانه‌ای در این باره منعقد شود و خریدار برق تولیدی نیز سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر ایران می‌باشد. دلیل اصلی ایجاد این مدل در کشورمان، تفاوت در سیاست‌گذاری های کلان است، به نحوی که قیمت خرید تضمینی برق توسط دولت بسیار بیشتر از تعرفه برق شبکه است. در حالی که در کشور آمریکا، تعرفه برق شبکه سراسری بیشتر از نرخ خرید تضمینی برق خورشیدی می‌باشد. این باعث شده انگیزه لازم برای فروش برق به مصرف کننده نهایی آن فراهم شود و قراردادها مابین سازنده نیروگاه و مصرف کننده نهایی برق منعقد می‌شوند. همچنین در سال ۲۰۱۵، شورای شهر کوچک لیدیارد<sup>۱۶</sup> متوجه شدند بزرگترین مصرف کننده واحد برق در شهر، تأسیسات تصفیه فاضلاب

آن شهر می‌باشد. به همین دلیل یک نیروگاه فتوولتائیک در زمین‌های اطراف حوضچه‌های آرامش فاضلاب در داخل محدوده ایستگاه در دستور ساخت قرار گرفت. ظرفیت مورد نظر بالغ بر ۲۶۰ کیلووات شامل ۸۲۶ پنل خورشیدی بوده و قیمت خرید تضمینی برق در بازه ۲۰ ساله نیمی از مبلغی بوده که برق شبکه را از ترنس کانادا خریداری می‌کردند. مدل قرارداد خرید برق در این مورد نیز مشابه حالتی است که توضیح داده شد. شهر لیدیارد هیچ هزینه‌ای برای خرید و نصب تجهیزات و نگهداری آن پرداخت نمی‌کند (Lynch, ۲۰۱۵).

علاوه بر صرفه‌جویی حاصل از نصف شدن قبض برق، سیستمی در کشورهای پیشرفته وجود دارد که برای تولید برق در ساعات پیک شبکه، اعتباری را به تولید کننده (تصفیه‌خانه شهر) اختصاص می‌دهد. این سیستم با نام اندازه‌گیری خالص<sup>۱۷</sup> شناخته می‌شود، از کنتورهای دو طرفه برای مشترکین تولید کننده برق استفاده کرده و طبق سیاست‌گذاری‌های هر کشور، امکان استفاده از برق تولیدی را در هر زمانی که به آن نیاز باشد فراهم می‌آورد. به عنوان مثال برق تولیدی از پنل‌های فتوولتائیک که در ساعات پیک شبکه (و حداکثر تعرفه خرید برق) تولید می‌شود به شبکه ارسال شده و در عوض همان مقدار برق در ساعات شب با مبلغ ارزان‌تر از طرف شبکه ارائه می‌شود. همچنین، میزان مازاد تولید یک ماه را می‌توان در ماه‌های بعد به مصرف رساند. همچنین در صورت تمایل می‌توان تفاوت تعرفه ساعات اوج بار و کم باری را از شرکت برق منطقه مورد نظر دریافت نمود. نکته دیگری که از مثال شهر لیدیارد می‌توان آموخت، این است که در کشور آمریکا سوبسیدهای دولتی قابل توجهی برای ساخت نیروگاه خورشیدی، حتی به تأسیسات آب و فاضلاب پرداخت می‌شود که انگیزه‌ای برای حرکت به سمت توسعه پایدار است. همچنین مدل‌های مشخصی برای تأمین مالی پروژه‌های این چنینی از طریق سرمایه‌گذاری بخش خصوصی وجود دارد که ایجاد نیروگاه در ایستگاه‌های آب و فاضلاب را تسهیل نموده و سرمایه‌گذاران را به این سمت جذب کرده است. نمونه موفق دیگر که مشابه با دو نمونه قبلی در سال ۲۰۱۸ در تصفیه‌خانه فاضلاب شهر میدلتون آمریکا ساخته شده، شامل ۷۱۴ پنل خورشیدی است که سالانه ۲۸۰ مگاوات ساعت برق برای مصرف تصفیه‌خانه تولید می‌کند. این مقدار انرژی الکتریکی برابر با ۷۵ تا ۸۵ درصد از کل مصرف تصفیه‌خانه‌ای است که تا پیش از آن بزرگترین مصرف کننده برق در شهر بوده است (Solar, ۲۰۱۹).

عمده اطلاعات در دسترس در مورد سامانه‌های خورشیدی منصوبه در تأسیسات آب و فاضلاب محدود به خبرهای منتشر شده در اخبار می‌باشد و این مسئله هرگونه اظهار نظر در رابطه با کارایی و صرفه‌جویی‌های حاصل از بهره‌برداری این سامانه‌ها را دشوارتر ساخته است. با این وجود، در یک نمونه خاص از نصب نیروگاه خورشیدی در تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کوچک چارلتون ایالت ماساچوست، گزارشی از کارکرد آن پس از پنج سال منتشر شده که نشان می‌دهد به خوبی توانسته نیمی از برق تأسیسات را تأمین نماید. ظرفیت تصفیه‌خانه ۲۰ هزار گالن در روز بوده که با ۱۴/۵ کیلووات پنل خورشیدی بخشی مصرف برق آن پوشش داده شده است. برخلاف تصور عموم، نیروگاه

فتوولتائیک حتی در روزهای ابری چیزی در حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد از ظرفیت حداکثر خود برق تولید می‌کند. به این ترتیب پیش‌بینی می‌شود دوره بازگشت سرمایه آن سریعتر از میزان پیش‌بینی شده، یعنی ۱۷ سال، باشد (Day, ۲۰۱۰).

اما نیروگاه فتوولتائیک یک مگاواتی که در تصفیه‌خانه شهر بولدر کلرادو ایجاد شده، هم نمونه‌ای خوب برای مقیاس مگاواتی و هم نمونه‌ای موفق از تأمین مالی از منابع خارجی می‌باشد. تأمین مالی از مسیر تسهیلات شرکت ثالثی غیر از طرفین قرارداد خرید تضمینی برق صورت پذیرفته است. ضمناً برق خورشیدی فقط ۱۴٪ از مصرف را شامل می‌شود که در ترکیب با سیستم تولید همزمان در مجموع به ۳٪ از کل مصرف تأسیسات ایستگاه می‌رسد. شایان ذکر است مقالات و اخبار منتشر شده نشان می‌دهد، کاربرد تولید همزمان برای تولید برق تجدیدپذیر در فرآیندهای تصفیه فاضلاب می‌تواند بسیار کارآمد باشد (Wastewater Treatment Facility Solar Electric System, ۲۰۲۰).

در شرایطی که زمین کافی در دسترس نباشد و پشت‌بام کافی و مناسب هم در محل وجود نداشته باشد، به راحتی می‌توان پنل‌های فتوولتائیک را به صورت شناور روی سطح آب نصب نمود. این ویژگی خاصی است که ایستگاه‌های تصفیه فاضلاب فراهم می‌کنند. سطح حوضچه‌های آرامش یا هر مخزن روباز دیگری، فضای مناسبی برای شناورسازی پنل‌های خورشیدی است. اینگونه پنل‌ها بدون نیاز به سازه فلزی (بالا است) متداول یا بتن، تنها با استفاده از شناورهایی از جنس پلی‌اتیلن، روی آب قرار می‌گیرند. چنین ساختاری، نه تنها مزایای عمومی مزارع خورشیدی از قبیل صرفه‌جویی در قبض برق و جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای را دارد، بلکه از اشغال زمین مفید جلوگیری کرده، تبخیر آب مخزن و رشد ریز جلبک‌ها در مخزن را کاهش می‌دهد که علت آن جلوگیری از تابش آفتاب به مخزن می‌باشد. همچنین، از آنجایی که جریان آب درون مخزن محدود می‌شود، ساییدگی و تخریب حاشیه مخزن نیز کمتر می‌شود. به عنوان نمونه موفق از نصب پنل‌های خورشیدی شناور در تصفیه‌خانه فاضلاب، می‌توان به پروژه ۲۵۲ کیلوواتی در شمال کالیفرنیا اشاره نمود. این پروژه که بدون مخازن باتری طراحی شده، سالانه بیش از ۹۰ هزار دلار برای تصفیه‌خانه شهر کاهش قبض برق را به همراه دارد، از انتشار ۱۳۱ تن کربن دی‌اکسید جلوگیری می‌کند و با همکاری شهرداری، هیچ هزینه اولیه برای نصب آن پرداخت نشده و از سال اول بازگشت سرمایه آغاز شده است. تصفیه‌خانه با عقد قرارداد اجاره به شرط تملیک با شهرداری (لایزینگ)، توانسته طی اقساط ثابت در بلند مدت هزینه را پرداخت نماید (Eva Pauly-Bowles, ۲۰۱۹). در جدیدترین پروژه از این دست اقدامات بلندپرواز به منظور تأمین برق خورشیدی در تأسیسات آب و فاضلاب در دنیا، اخیراً شرکت آی بی سی سولار<sup>۱۸</sup> اعلام نموده قصد راه‌اندازی نیروگاه ۲/۷ مگاواتی فتوولتائیک در تأسیسات تصفیه آب شهر هانوئی ویتنام دارد و قرارداد آن بسته شده است. به این ترتیب آب‌رسانی به ۱/۵ میلیون نفر ساکن شهر هانوئی به صورت پایدار و تجدیدپذیر صورت خواهد گرفت و مبلغ هنگفتی در قبض برق تأسیسات صرفه‌جویی خواهد شد. همچنین مسئولان شهر هانوئی اعلام نمودند قصد گسترش

این طرح تا ظرفیت ۱۰ مگاوات را در سر دارند (IBC Solar, ۲۰۲۰). در یک طرح نوآورانه تجاری که توسط شرکت پادتنکس<sup>۱۸</sup> انجام شده، یک سیستم کوچک تصفیه فاضلاب کامپکت ساخته شده که برق مورد نیاز فن هوادهی فاضلاب در آن توسط پنل خورشیدی ۵ وات تأمین می‌شود. این دستگاه در کشور انگلستان تولید شده و در سراسر اروپا به فروش می‌رسد (Waste Water Sewage Treatment Plants - PodTanks Sewage Systems, ۲۰۲۰).

مطالعه جامعی بر تأسیسات تصفیه فاضلاب در ایالت کالیفرنیا آمریکا که استفاده از تکنولوژی فتوولتائیک در تأسیسات آب و فاضلاب آن رایج می‌باشد، سعی بر پارامتریزه نمودن تجربیات پیشین داشته است. به این معنی که تأسیسات تصفیه که دارای نیروگاه خورشیدی می‌باشد را مشخص و از نظر دبی فاضلاب ورودی به دو گروه بیش از ۵ و کمتر از ۵ مگاگال در روز تقسیم نموده و دریافته در تأسیسات بزرگتر از ۵ مگاگال در روز سیستم فتوولتائیک، عموماً به صورت هیبرید با هاضم بی‌هوازی نصب و استفاده می‌شود. در این گونه تأسیسات، بیشتر تولید برق توسط هاضم بی‌هوازی انجام می‌شود. در حالی که در تصفیه‌خانه‌هایی با جریان کمتر از ۵ مگاگال در روز، انرژی خورشیدی تنها گزینه مورد استفاده است و بین ۳۰ تا ۱۰۰ درصد از برق مورد نیاز را تأمین می‌نماید. همچنین، نتایج این تحقیق نشان داد محبوب‌ترین مقیاس نیروگاه خورشیدی در تأسیسات فاضلاب ظرفیت ۱ مگاوات می‌باشد و نیروگاه‌های فتوولتائیک را بیشتر می‌توان در سایت‌های روستایی پیدا کرد (Strazzabosco, Kenway, and Lant, ۲۰۱۹).

علت دیگری که می‌تواند توجیهی برای ساخت نیروگاه خورشیدی در تأسیسات آب و فاضلاب باشد، وجود تهدید بلایای طبیعی در منطقه‌ای خاص می‌باشد. در برخی مناطق، هر ساله وقوع سیل و طوفان، باعث قطع برق شبکه به مدت طولانی می‌شود. به عنوان مثال، در کالدول نیوجرسی، این مشکل باعث از کار افتادن تصفیه‌خانه فاضلاب شهر، در بحرانی‌ترین شرایط، یعنی شرایط سیل زدگی می‌شد. این باعث شد، با استفاده از ۲۶۸۲ پنل فتوولتائیک و باتری‌های خورشیدی، علاوه بر کاهش هزینه برق، امکان کارکرد آن مرکز به مدت ۱۰ روز بدون برق شبکه سراسری فراهم شود (Chawaga, ۲۰۱۷).

اما در کشورهای توسعه یافته، استفاده از انرژی خورشیدی در سامانه‌های فاضلاب تنها به تأمین برق تأسیسات تصفیه‌خانه و ساختمان‌ها محدود نیست و کاربردهای تخصصی‌تری نیز پیدا نموده است. به عنوان مثال در پژوهش انجام شده توسط (Valero, ۲۰۱۰) تأمین برق خورشیدی برای یک سیستم تصفیه الکتروشیمیایی (الکترواکسیداسیون) به منظور پاکسازی فاضلاب آلوده به مواد رنگی پیشنهاد و آزمایش شد. برق مورد نظر مستقیماً توسط ۴۸ ماژول فتوولتائیک تأمین شد. Sharma و همکاران (۲۰۱۱) تأمین برق خورشیدی به منظور استفاده در یک سیستم تصفیه آب و فاضلاب با تکنولوژی انعقاد الکتریکی (الکتروکواگولاسیون) بررسی کردند. سیستم مورد نظر به صورت مستقیم یا به واسطه باتری و شارژ کنترلر به پنل‌های فتوولتائیک متصل بود. نتایج نشان داد، استفاده از باتری

## وضعیت شرکت‌های آب و فاضلاب از نظر مصرف انرژی و سرمایه‌گذاری در انرژی خورشیدی

در سال‌های اخیر و با گسترش توجه به لزوم کاهش مصرف انرژی و صرفه‌جویی در منابع زوال‌پذیر فسیلی، همچنین بهبود قانون‌گذاری در این رابطه که از آن جمله می‌توان به لزوم تأمین ۲۰ درصد نیاز برق ارگان‌های دولتی از منابع تجدیدپذیر اشاره نمود. همچنین در راستای تحقق اقتصاد مقاومتی، تلاش‌هایی در راستای نصب سامانه‌های خورشیدی در ساختمان‌ها و تأسیسات تابعه شرکت آب و فاضلاب کشور صورت پذیرفته است. از آن جمله می‌توان به نصب و راه‌اندازی ۱۵ کیلووات نیروگاه خورشیدی با استفاده از ۵۸ پنل ۲۶۰ وات و دو عدد اینورتر سه فاز و سازه‌های گالوانیزه در پشت‌بام ساختمان آبفای منطقه ۳ تهران اشاره نمود (طراحی و اجرای نیروگاه خورشیدی متصل به شبکه به ظرفیت ۱۵۰۰۰ وات برای شرکت آب و فاضلاب منطقه ۳، ۱۳۹۰). متین‌پور و حسین‌زاده (۱۳۹۷) با نصب نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک در ساختمان ستاد مرکزی آبفا استان همدان میزان قابل توجهی از کاهش هزینه‌های برق آن ستاد را گزارش نمودند. همچنین شرکت آب و فاضلاب استان همدان با نصب پنل‌های خورشیدی به ظرفیت ۲۰ کیلووات در محل ساختمان ستاد مرکزی، توانسته مصرف انرژی ساختمان مذکور را در تابستان ۹۷ به میزان ۳۴٫۲ درصد نسبت به تابستان ۹۶ کاهش دهد. این مهم موجب دریافت ۶۱۰ میلیون ریال تخفیف و کاهش هزینه دیماند برق به میزان سالانه ۶۶۰ میلیون ریال شده است (تولید ۲۰ کیلووات برق از انرژی خورشیدی ساختمان آبفای همدان، ۱۳۹۷). در استان قم در سال ۱۳۹۷، فاز دوم نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک به ظرفیت ۲۵ کیلو وات در محل ساختمان ستاد مرکزی شرکت آب و فاضلاب با هزینه ۱۰۷ میلیون تومان و در مساحت ۲۴۰ متر مربع راه‌اندازی شد، در مجموع دو فاز نیروگاه وظیفه تأمین ۲۵ درصد از کل مصرف برق ستاد را بر عهده دارند (بهره‌برداری از مرحله دوم نیروگاه خورشیدی ستاد مرکزی شرکت آب و فاضلاب، ۱۳۹۷). به گزارش خبرگزاری ایسنا (استفاده از انرژی خورشیدی در تصفیه‌خانه آب خرم‌آباد، ۱۳۹۵)، برق تصفیه‌خانه آب خرم‌آباد استان لرستان با استفاده از پنل‌های خورشیدی تأمین می‌شود که باعث صرفه‌جویی ۶ میلیارد ریالی در هزینه‌های شرکت آب و فاضلاب آن استان شده است. شرکت آب و فاضلاب استان قم، ساخت نیروگاه برقابی با ظرفیت سه مگاوات و استفاده از انرژی خورشیدی برای تأمین نیاز برق تأسیسات را از جمله پروژه‌های اقتصاد مقاومتی شرکت آبفای قم عنوان کردند (استفاده از انرژی خورشیدی برای تأمین نیاز برق تأسیسات در شرکت آبفای قم، ۱۳۹۶). براساس گزارش ارائه شده در سال ۹۷ ارائه شده (راه‌اندازی پنل خورشیدی در آبفای روستایی، ۱۳۹۷) در طرح دیگری در استان کهگیلویه و بویر احمد و در مناطق روستایی آن استان، سیستم تأمین برق خورشیدی مستقل از شبکه به صورت هیبرید پنل خورشیدی و ژنراتور بنزینی ایجاد شده که ساعات خاموشی سیستم پمپاژ آب را به حداقل رسانده است. ظرفیت تولید برق سیستم مذکور ۱۰ کیلووات

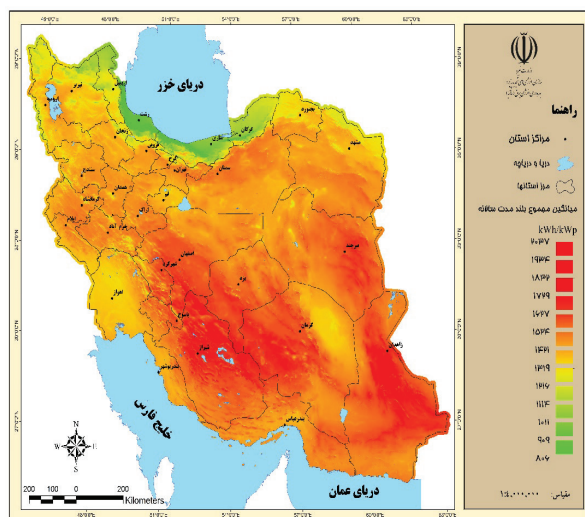
به پایداری بیشتر فرایند تصفیه، بهبود راندمان آن و افزایش ساعات کارکرد سیستم کمک نموده است. Han و همکاران (۲۰۱۳) سیستم تصفیه گودال اکسیداسیون را با استفاده از پنل خودشیدی و بدون منبع ذخیره برق پیشنهاد نمودند. به این ترتیب، سیستم اکسیداسیون در طی روز فعال بود و در طی ساعات شب فرایندهای مطلوب جهت تصفیه نیتروژن و فسفات صورت می‌پذیرفت. سیستم مذکور توانست به درصد بالایی از حذف مواد آلاینده دست یابد. Rosa-Clot و همکاران (۲۰۱۷) استفاده از پنل‌های خورشیدی شناور و نصب آن‌ها روی مخزن چند تصفیه‌خانه فاضلاب در استرالیا را پیشنهاد نمودند. بیشتر، پنل‌های شناور معمولاً روی مخزن سدها نصب می‌شدند. سیستم پیشنهادی آن‌ها ساده‌ترین مشخصات ممکن از قبیل عدم وجود سیستم ردیابی خورشید را داشت اما کارایی آن در تولید برق خورشیدی به اثبات رسید.

در پژوهش‌های داخلی تلاش‌هایی به منظور به کار بستن انرژی خورشیدی در سامانه‌های آب و فاضلاب کشور گزارش شده است. صباح و هوشیاری (۱۳۸۹) موقعیت کشور ایران را از لحاظ پتانسیل دریافت انرژی تابشی و یکی از کاربردهای انرژی خورشیدی در تصفیه‌خانه فاضلاب بررسی کردند. وحیدی و همکاران (۱۳۹۰) کاربردهای انرژی خورشید و باد برای فرآوری پسماندهای شهری در تصفیه‌خانه‌ها را بررسی کردند. در پژوهش مذکور انرژی خورشیدی به صورت حرارتی و به منظور خشک کردن لجن حاصل از تصفیه استفاده شده است. در سال ۱۳۹۲ و با هدف امکان‌سنجی و شناسایی مکان و کاربردهای مناسب جهت استفاده از انرژی خورشیدی برای تأمین برق و گرمایش در ساختمان‌ها و ایستگاه‌ها و تأسیسات مختلف شرکت آب و فاضلاب استان همدان، طرحی در دانشگاه آزاد واحد همدان انجام شده که طی آن انواع سیستم‌های فتوولتائیک از قبیل مستقل، متصل به شبکه و هیبرید متناسب با انواع کاربردهایی که در سامانه‌های آبفا شناسایی شده‌اند بررسی و امکان‌سنجی شده است. نتایج این پژوهش شامل تحلیل فنی، اقتصادی و اجرایی سیستم‌های موثر تولید برق و حرارت خورشیدی می‌باشد (امکان‌سنجی استفاده از انرژی‌های خورشیدی در تأسیسات شرکت آب و فاضلاب همدان و اجرای برخی کاربری‌ها، ۱۳۹۲).

به طور خلاصه، کاربرد انرژی خورشیدی در فرایندهای تصفیه فاضلاب بسیار گسترده بوده و انرژی حرارتی و برق خورشیدی را شامل می‌شود. اگرچه تولید و استفاده از برق خورشیدی به علت سهل الوصول بودن آن بیش از حرارت خورشیدی مورد استقبال قرار گرفته است. تاکنون از برق خورشیدی بیشتر به منظور تأمین توان مورد نیاز برای پمپاژ و هوادهی فاضلاب استفاده شده است، اگرچه در کشورهای پیشرفته، استفاده از آن در فرایندهای الکترو اکسیداسیون و الکتروکواگولاسیون نیز پیشنهاد و آزمایش شده است. از نظر محل نصب پنل‌های خورشیدی، تجربیاتی در رابطه با نصب پنل به صورت شناور بر روی استخرهای فاضلاب وجود دارد که نشان می‌دهد از چند جهت می‌تواند مفیدتر از نصب عادی بر روی زمین باشد. کاربرد حرارت خورشیدی نیز بیشتر در افزایش راندمان فرایند تصفیه فاضلاب و خشک کردن لجن حاصل از تصفیه بوده است.



در بخش فاضلاب نیز استان‌های اصفهان، خوزستان، هرمزگان و اهواز رتبه‌های نخست را به خود اختصاص داده‌اند و به ترتیب بدترین شرایط را دارند. در هر دو بخش آب و فاضلاب، استان‌هایی که از نظر پرداخت هزینه‌های انرژی با مشکلات بسیار شدید مواجه هستند، اکثراً امکان بهره‌برداری زیاد از انرژی‌های تجدیدپذیر، خصوصاً انرژی خورشیدی را دارند. در این رابطه، اطلس تابش خورشید در کشور را در شکل (۵) مشاهده می‌شود.



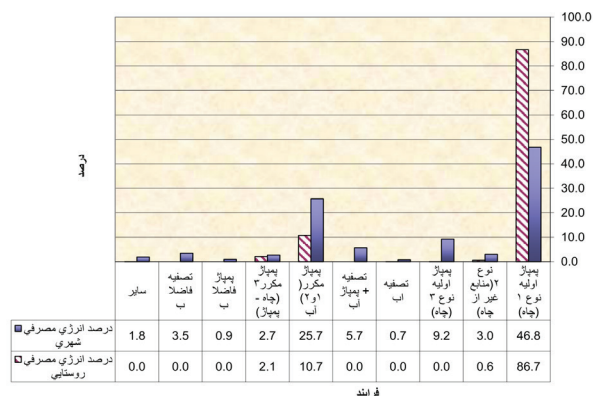
شکل ۵- اطلس میانگین تولید سالانه برق فتوولتائیک در کشور براساس کیلووات ساعت بر کیلووات (وبسایت سازمان انرژی‌های نو و تجدیدپذیر ایران ۱۳۹۹)

عدم توانایی در پرداخت به موقع و کامل هزینه برق توسط شرکت‌های آب و فاضلاب مشکلات ذیل را به همراه داشته است: ۱) انجام امور تعمیر و نگهداری تأسیسات برق رسانی آبفا که بر عهده شرکت برق می‌باشد منوط به پرداخت بدهی‌ها شده؛ ۲) تهدید به قطع برق تأسیسات آب و فاضلاب؛ ۳) عدم همکاری در تصحیح قبوض؛ ۴) با وجود بخشنامه‌های مکرر وزارت نیرو مبنی بر عدم قطع برق تأسیسات آبفا، برخی امور برق منطقه‌ای به صورت خودسرانه اقدام به قطع برق تأسیسات کرده‌اند؛ ۵) عدم رسیدگی، سرویس و نگهداری تجهیزات پست‌های برق و جایگزین نکردن تجهیزات مسروقه به علت بدهی سنگین شرکت‌های آب و فاضلاب (دفتر انرژی سازمان آب و فاضلاب کشور ۱۳۹۸ ب؛ محمدقاسمی ۱۳۹۴). تولید برق تجدیدپذیر در بدنه شرکت‌های آب و فاضلاب کشور و فروش آن به شرکت برق می‌تواند در مرحله نخست با تصفیه تدریجی بدهی‌های سازمان، مشکلات ذکر شده را کاهش داده و شرایط را بهبود بخشد. تولید برق خورشیدی با استفاده از زمین‌های بلااستفاده، فضای خالی ایستگاه‌ها، سقف ساختمان‌ها و سطح مخازن بدون پرداخت هزینه زمین ممکن می‌باشد. از جهتی بلا استفاده گذاشتن این ظرفیت به نوعی پرداخت هزینه فرصت می‌باشد. این پیشنهاد به خوبی با اهداف و برنامه‌های آتی دفتر مدیریت مصرف انرژی آب و فاضلاب کشور که به شرح ذیل است، همخوانی دارد: ۱) تقسیط و جلوگیری از انباشت بدهی‌ها به

و هزینه آن حدود ۲۵۰ میلیون تومان بوده است. همچنین سامانه‌ای که در سال ۱۳۹۷ توسط آب و فاضلاب روستایی استان کهگیلویه و بویراحمد راه‌اندازی شد، به صورت هیبریدی توانایی تأمین برق خورشیدی با قابلیت ذخیره‌سازی و استفاده از پشتیبان برق شبکه سراسری را دارد. این سیستم متشکل از ۳۴ پنل ۳۲۰ واتی است که قابلیت ذخیره‌سازی ۱۲۰ کیلووات ساعت برق طی ۶ ساعت مفید در روز را دارد. به این ترتیب در روزهای ابری که خورشید در دسترس نباشد و در طول شب می‌توان به کار خود ادامه دهد و در صورت تخلیه کامل باتری‌ها، به شبکه برق متصل می‌شود.

#### • میزان مصرف انرژی و هزینه‌های برق در آبفا

درصد انرژی مصرفی در تأسیسات مختلف آب و فاضلاب در سال ۱۳۹۳ را به تفکیک فرآیند می‌توان در شکل (۴) مشاهده کرد. در شرکت‌های آب و فاضلاب شهری در سطح کشور، تنها ۰٫۷ درصد از برق مصرفی در تصفیه آب، ۳٫۵ درصد در تصفیه فاضلاب و ۱٫۸ درصد در سایر مصارف مصرف می‌شود. درحالی‌که در شرکت‌های آب و فاضلاب روستایی، این ارقام صفر است و تقریباً تمام مصرف مربوط به پمپاژ نوع ۱ (چاه) می‌باشد (محمدقاسمی، ۱۳۹۴).



شکل ۴ - درصد انرژی مصرفی در تأسیسات مختلف آب و فاضلاب در سال ۱۳۹۳ به تفکیک فرآیند (محمدقاسمی، ۱۳۹۴)

طبق گزارش مرکز مدیریت مصرف انرژی سازمان آب و فاضلاب کشور، مصرف برق در سال ۹۴ در کل کشور ۷/۵ تراوات ساعت بوده است. گزارش مذکور هشدار داده در صورت عدم انجام پروژه‌های مدیریت مصرف انرژی در شرکت‌های آب و فاضلاب، بهای اضافی دیماند و انرژی به ۴۹۰ میلیارد ریال در سال خواهد رسید. این گزارش با در نظر گرفتن سهم هزینه انرژی الکتریکی در شرکت‌های آب و فاضلاب به رتبه‌بندی آن‌ها پرداخته و به ترتیب شرکت‌هایی را که دچار مشکلات عمده در پرداخت هزینه‌های انرژی خواهند شد اعلام نموده است. در این رتبه‌بندی در بخش آب به ترتیب شرکت‌های آب و فاضلاب استان تهران، استان خوزستان و شهر مشهد اول تا سوم هستند و وخیم‌ترین اوضاع را دارند. همچنین شرکت آب و فاضلاب استان خراسان رضوی در رتبه هفتم این رده‌بندی قرار گرفته است.

شرکت برق، ۲) استفاده از ظرفیت‌های موجود و منابع طبیعی ایران به منظور تأمین برق تأسیسات جدید و تأسیسات در دست بهره‌برداری با استفاده از انرژی‌های نو. ۳) جلب مشارکت بخش خصوصی جهت ساخت و بهره‌برداری نیروگاه برق خورشیدی در تأسیسات آبفا، ۴) استفاده از وام بانکی به منظور ایجاد نیروگاه برق تجدیدپذیر توسط شرکت‌های آبفا در سطح کشور (وب سایت رسمی دفتر مدیریت مصرف انرژی و سیستم‌های کنترل، ۱۳۹۹).

#### • سرمایه‌گذاری‌های انجام شده و صرفه‌جویی حاصل در امور آبفا<sup>۱</sup>

از دیدگاه میزان سرمایه‌گذاری‌های انجام شده، تنها ۲/۲ درصد از کل سرمایه‌گذاری‌های ریالی انرژی در شرکت‌های آب و فاضلاب به انرژی‌های نو اختصاص داده شده و بیشترین تمرکز مسئولین بر طراحی مجدد اشتراک‌های برق تأسیسات و فعالیت‌های تعمیر و نگهداری تجهیزات بوده است. استفاده از سیستم فتوولتائیک اغلب محدود به تأمین برق ساختمان‌های ستادی بوده است. با این حال ۳ درصد از صرفه‌جویی ریالی انرژی در سازمان را به خود اختصاص داده است که از نظر اندازه برابر با مجموع کاهش دیماند دائم و موقت بود. طبق آخرین آمار، تا سال ۱۳۹۴، پمپاژ خورشیدی جهت تأمین آب از چاه در سه شهر فرج آباد، میچینک و برج بالان احداث شده که در مجموع به ظرفیت ۱۱۵ متر مکعب بر ساعت بالغ می‌شود. هزینه اجرای پروژه‌های خورشیدی در هر سه مورد با در نظر گرفتن هزینه اولیه، هزینه خرید و نصب تجهیزات، هزینه انرژی طی دوره عملکرد، هزینه تعمیر و نگهداری و هزینه جاده‌سازی که برای تأمین برق شبکه سراسری صرف می‌شود از هزینه شبکه کمتر

بوده است (محمدقاسمی، ۱۳۹۴). براساس ترازنامه انرژی شرکت آبفا (ترازنامه انرژی شرکت‌های آبفا شهری ۱۳۹۷، ۱۳۹۸)، مجموعاً ۱۱۸ کیلووات ظرفیت فتوولتائیک نصب شده تا سال ۱۳۹۷ در کل تأسیسات و ساختمان‌های اداری شرکت‌های آبفا در کشور بوده است. شایان ذکر است، گزارش مذکور پیش از راه اندازی نیروگاه فتوولتائیک تصفیه خانه جنوب تهران منتشر شده که ظرفیتی معادل ۴۰۰ کیلووات دارد. به این ترتیب تا کنون طبق آخرین آمار منتشره، مجموع ظرفیت منصوبه فتوولتائیک در بدنه شرکت‌های آبفا با احتساب نیروگاه جدید التاسیس در تصفیه‌خانه جنوب تهران بایستی ۵۱۸ کیلووات باشد. جهت کسب اطلاعات دقیق‌تر درباره جزئیات مصرف برق در شرکت‌های آبفا شهری و روستایی خراسان رضوی و آبفا شهری و روستایی مشهد، هزینه پرداخت شده جهت قبوض برق، و همچنین ظرفیت‌های منصوبه فتوولتائیک در این شرکت‌ها (جدول ۱) (از ترازنامه انرژی و گزارش عملکرد آبفا، منتشره در وب سایت آبفا کشور؛ ترازنامه انرژی شرکت‌های آبفا شهری ۱۳۹۷-۱۳۹۸). براین اساس، در شرکت‌های آب و فاضلاب روستایی هیچگونه نیروگاه فتوولتائیک احداث نشده و در شرکت‌های آب و فاضلاب شهری نیز این مقدار تنها به ۱۶۵۲ کیلووات محدود می‌شود. با در نظر گرفتن میانگین ساعات آفتابی در ایران به میزان ۸ ساعت در روز یا ۲۹۲۰ ساعت در سال (مجرد و مرادی، ۱۳۹۳)، عدد تقریبی پنج میلیون کیلووات ساعت تولید برق خورشیدی در سال می‌شود، که در حدود ۰٫۱ درصد از مصرف برق آب و فاضلاب شهری در کشور را پوشش می‌دهد.

جدول ۱- جزئیات مصرف و هزینه برق، ظرفیت منصوبه فتوولتائیک و صرفه‌جویی حاصل از آن در شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی کشور، خراسان رضوی و مشهد (دفتر انرژی سازمان آب و فاضلاب کشور ۱۳۹۸ الف و ب)

| شرکت آبفا مربوطه    | مصرف برق (kWh) | هزینه برق (هزار ریال) | قیمت برق <sup>۱</sup> (IRR/kWh) | ظرفیت فتوولتائیک منصوبه تا پایان سال ۹۷ (kW) | صرفه‌جویی حاصله در سال ۹۷ (هزار ریال) <sup>۲</sup> |
|---------------------|----------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| روستایی کشور        | ۱,۶۱۴,۵۹۲,۷۱۲  | ۲۴۴,۶۶۷,۹۸۶           | ۱۵۲                             | ۲                                            | ۲                                                  |
| روستایی خراسان رضوی | ۱۲۲,۵۳۸,۶۶۷    | ۴۹,۴۷۷,۶۱۷            | ۴۰۴                             | ۲                                            | ۲                                                  |
| شهری کشور           | ۴,۹۲۹,۰۲۱,۵۷۷  | ۱,۹۹۳,۸۶۷,۷۲۸         | ۴۰۵                             | ۱,۶۵۲*                                       | ۱۰,۷۷۸,۲۷۲                                         |
| شهری خراسان رضوی    | ۱۷۴,۲۲۰,۸۵۴    | ۷۷,۰۶۱,۴۳۴            | ۴۴۲                             | ۱۲                                           | ۶۳,۰۰۰                                             |
| شهری مشهد           | ۳۲۶,۱۴۷,۸۰۱    | ۱۴۲,۵۳۴,۸۳۹           | ۴۳۷                             | ۳۴                                           | ۳۹۶,۶۲۲                                            |

۱ خارج قسمت تقسیم هزینه برق بر مصرف برق. قیمت میانگین برق.

۲ صرفه‌جویی منحصراً حاصل شده از سامانه‌های فتوولتائیک که در آن سال در شرایط بهره‌برداری بودند.

۳ گزارش نشده/ صفر

\* این گزارش پیش از بهره‌برداری نیروگاه فتوولتائیک تصفیه‌خانه جنوب شرق تهران (۴۰۰ کیلووات) تهیه شده و شامل آن نمی‌باشد.

طبق جداول عملکرد شرکت‌های آبفا روستایی و شهری در سال ۱۳۹۷ که توسط مرکز مدیریت مصرف انرژی آبفا کشور منتشر شده (عملکرد شرکت‌های آبفا روستایی ۱۳۹۷-۱۳۹۸؛ عملکرد شرکت‌های آبفا شهری ۱۳۹۷-۱۳۹۸)، امتیازی برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی برای شرکت‌های روستایی منظور نشده است. این امتیاز که نسبت

صرفه‌جویی انجام پذیرفته به اعتبار هزینه شده در بخش انرژی و هزینه جاری برق را نشان می‌دهد (به صورت درصد)، برای آبفا شهری خراسان رضوی ۲۹ بوده است که باعث شده امتیاز بهره‌وری انرژی این شرکت از ۲۰ تنها ۶ باشد. این ارقام برای شرکت آب و فاضلاب شهری مشهد تقریباً در همین حدود و به ترتیب ۳۵ و ۷ بوده است.



به‌طورکلی در ایران، با وجود تمام محدودیت‌ها و تحریم‌ها و کمبودهای مالی و نقصان سیاست‌گذاری، اخیراً اهمیت حرکت به سمت استفاده بیشتر از انرژی‌های تجدیدپذیر خصوصاً خورشیدی در تأمین برق تأسیسات آب و فاضلاب درک شده و مسئولین به این سمت در حرکت هستند. با تأکید بر لزوم استفاده از سامانه فتوولتائیک در تأمین بخشی از توان مورد نیاز تجهیزات پمپاژ و برقی؛ " تمام شرکت های آب و فاضلاب باید به این سمت حرکت کنند تا درصد زیادی در مصرف انرژی صرفه جویی شود." وی همچنین راهکار مناسب برای تأمین مالی بخشی از چنین پروژه‌هایی را تعیین تکلیف و فروش اموال مازاد شرکت‌های آب و فاضلاب کشور دانست.

### چالش‌های مرتبط با مصرف انرژی در صنعت آب و فاضلاب کشور

باتوجه‌به مروری که بر ادبیات پژوهش صورت گرفت و همچنین براساس دانسته‌ها و تجربیات نگارندگان این مقاله، به نظر می‌رسد مهمترین مسأله‌ای که باعث شده استفاده از برق فتوولتائیک جهت تأمین توان مورد نیاز تأسیسات آب و فاضلاب در کشور بسیار کمتر از حد مورد انتظار باشد، مسأله نحوه تأمین مالی در چنین پروژه‌هایی است. در شرایطی که سازمان‌های

### نتیجه‌گیری

بخش قابل توجهی از برق تولیدی در جهان و در کشورمان توسط شرکت‌های آب و فاضلاب به مصرف می‌رسد. در شرایطی که نگرانی‌های محیط‌زیستی در جهان رو به افزایش بوده و از نظر اقتصادی، شرکت‌های آبفا در کشور با مشکلات شدید در پرداخت قبوض برق خود مواجه هستند، به راحتی می‌توان با استفاده از ظرفیت‌های بالقوه موجود، نسبت به ایجاد مولدهای فتوولتائیک اقدام و از هدر رفت سوخت و منابع مالی جلوگیری نمود. فضای لازم برای نصب تجهیزات نیروگاه در سایت‌های تأسیساتی آب و فاضلاب به‌صورت زمین خالی، پشت‌بام، و سطح مخازن روباز و روبسته فراوان وجود دارد. همچنین در اکثر تأسیسات موجود، برق شبکه سراسری موجود بوده و این باعث عدم نیاز به استفاده از باتری‌های خورشیدی و کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری خواهد شد. با این وجود، با بررسی تجربیات جهانی در این رابطه و مقایسه آن با وضعیت موجود در کشور، این نتیجه‌گیری حاصل می‌شود که وضعیت کنونی در کشور از نظر میزان به‌کارگیری برق خورشیدی در سامانه‌های آب و فاضلاب رضایت بخش نبوده و قابل مقایسه با مقیاس جهانی نمی‌باشد. در این مقاله، ضمن مرور نمونه‌های مشابه در جهان، تجربیات اگرچه محدود در ایران بررسی شد و نتیجه‌گیری که می‌توان داشت این است که چالش‌های اصلی که باعث عقب ماندن این صنعت از روند جهانی بوده را می‌توان در دو مورد خلاصه نمود: الف) مشکل در تأمین مالی طرح‌های این‌چنینی توسط سازمان‌های

دولتی با مشکلات مالی دست به گریبان هستند و بودجه‌های عمرانی محدود است، سرمایه‌گذاری مستقیم سازمان در تأسیس نیروگاه فتوولتائیک امری دور از انتظار می‌باشد. بنابراین جذب سرمایه‌گذاری از خارج از سازمان بهترین گزینه خواهد بود. درحالی‌که سیاست‌گذاری کنونی در کشور به‌نحوی است که خرید تضمینی برق تولید شده در مولدهای فتوولتائیک توسط وزارت نیرو و ساتبا با بالاترین نرخ، بسیار بیشتر از تعرفه برق شبکه سراسری، صورت می‌پذیرد و این باعث شده سازندگان نیروگاه اشتیاقی به فروش مستقیم برق تولیدی خود به سازمان آب و فاضلاب نداشته باشند. شایان ذکر است در کشورهایی که احداث نیروگاه فتوولتائیک در تأسیسات آب و فاضلاب گسترش زیادی داشته، سرمایه‌گذار است که نیروگاه را احداث کرده، مالکیت آن را در اختیار دارد، از آن نگهداری نموده و در نهایت برق تولیدی را طی دوره قرارداد به نرخ ثابتی که بسیار کمتر از تعرفه برق شبکه سراسری است مستقیماً به مصرف کننده می‌فروشد.

اما مسأله دیگری که می‌تواند عامل کند شدن احداث مولدهای برق خورشیدی خصوصاً جهت استفاده در تأسیسات باشد، عدم انگیزه کافی در بدنه سازمان بوده که بعضاً از عدم اطلاع کافی در رابطه با امکان پذیر بودن و مزایای اقتصادی و محیط‌زیستی این سیستم نشأت می‌گیرد.

دولتی و نیمه دولتی که اساساً از نحوه سیاست‌گذاری‌های دولت و قیمت‌گذاری نرخ پایه خرید برق تجدیدپذیر نشأت می‌گیرد. هزینه انجام چنین طرح‌هایی با توجه به نرخ تورم و برخی مشکلات دیگر، دائم در حال افزایش است. درحالی‌که از طرفی، بودجه کافی برای سرمایه‌گذاری مستقیم در نیروگاه‌های خورشیدی به صنعت آب و فاضلاب کشور اختصاص نمی‌یابد، از طرف دیگر، باتوجه به این که خرید برق تجدیدپذیر به‌صورت تضمینی و با نرخ بسیار بیشتر از تعرفه برق سراسری صورت می‌پذیرد، امکان عقد قرارداد BOT بین آبفا و بخش خصوصی در عمل از بین رفته است. ب) عدم انگیزه و اطلاع کافی در افراد تأثیرگذار در سازمان‌های ذی‌ربط نیز می‌تواند بسیار در این مسأله تأثیر منفی داشته باشد.

اختصاص ردیف‌های بودجه‌ای به تأمین برق خورشیدی، و ایجاد مشوق‌هایی به‌منظور جذب سرمایه بخش خصوصی می‌تواند در رفع معضل تأمین مالی طرح‌های برق تجدیدپذیر در بدنه شرکت آب و فاضلاب تا حدی موثر باشد. مشوق‌های مذکور می‌تواند از هر نوعی از قبیل واریز وجه تشویقی، معافیت از پرداخت جرائم، کسب اولویت در مناقصات، کسب امتیاز در رتبه‌بندی شرکت‌های مجری و غیره باشد. از دیدگاه فرهنگی و اطلاع‌رسانی، با برگزاری دوره‌های توجیهی جهت انتقال تجربیات موفق جهانی و مزایای فنی و اقتصادی اجرای چنین طرح‌هایی و همچنین با انجام طرح‌های مطالعات امکان‌سنجی به‌صورت موردی و انتشار نتایج آن به‌منظور افزایش آگاهی عمومی در سطح سازمان، می‌تواند در روشن‌سازی افکار افراد نیروهای سازمان اثر شگرفی داشت.

درگاه ملی آمار. ۱۳۹۵. مصرف برق به تفکیک بخش‌های مختلف. درگاه ملی آمار.

<https://www.amar.org.ir/Portals/0/PropertyAgent/461/Files/6874/1301z120111395.xlsx> (visited February 14, 2020)

دفتر انرژی سازمان آب و فاضلاب کشور. ۱۳۹۸. الف. ترازنامه انرژی شرکت‌های آبفا روستایی. ۱۳۹۷. <https://www.nww.ir/energy>.

دفتر انرژی سازمان آب و فاضلاب کشور. ۱۳۹۸. ب. ترازنامه انرژی شرکت‌های آبفا شهری. ۱۳۹۷. [www.nww.ir/energy](http://www.nww.ir/energy).

راه‌اندازی پنل خورشیدی در آبفای روستایی. ۱۳۹۷. خبرگزاری صدا و سیما. <http://www.iribnews.ir/009814> (visited December 7, 2019)

راه‌اندازی نیروگاه خورشیدی در تصفیه خانه فاضلاب جنوب تهران. ۱۳۹۷. وب‌سایت شرکت فاضلاب تهران.

<https://ts.tpww.ir/fa/news/28305/> (visited May 11, 2020)

سلیمانی، م. و چابک، س. م. ۱۳۹۷. استفاده از نیروگاه هیبریدی برقابی و فتوولتائیک برای تأمین و فروش انرژی الکتریکی در صنعت آب. دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران. انجمن آب و فاضلاب ایران-دانشگاه صنعتی اصفهان.

صبح، س. و هوشیاری، ب. ۱۳۸۹. بررسی میزان کارایی و امکان‌سنجی کاربرد انرژی خورشیدی در تأسیسات آب و فاضلاب ایران. چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط‌زیست. دانشگاه تهران.

طراحی و اجرای نیروگاه خورشیدی متصل به شبکه به ظرفیت ۱۵۰۰۰ وات برای شرکت آب و فاضلاب منطقه ۳. ۱۳۹۰.

<http://sbe-arshid.com/2011-11-23-19-48-227/company-news2/226-15-3> (visited December 7, 2019)

طرح برق‌دارکردن چاه‌های کشاورزی در سال ۹۹ اجرایی می‌شود. ۱۳۹۸. وزارت جهاد کشاورزی.

<https://www.maj.ir/Index.aspx?page=dorsaetoolse-news&lang=1&sub=0&PageID=130467&PageIDF=0&tempname=main> (visited November 5, 2020)

عملکرد شرکت‌های آبفا روستایی. ۱۳۹۷. ۱۳۹۸. [www.nww.ir/energy](http://www.nww.ir/energy). عملکرد شرکت‌های آبفا شهری. ۱۳۹۷. ۱۳۹۸. [www.nww.ir/energy](http://www.nww.ir/energy).

فاضل، ع. ۱۳۹۱. بررسی امکان استفاده از انرژی‌های نو برای تأمین انرژی مورد نیاز ایستگاه‌های پمپاژ آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی. دانشگاه شهید مدنی آذربایجان.

<https://ganj-old.irandoc.ac.ir/articles/587259>

فهیمی‌نیا، م. ۱۳۹۰. بررسی وضعیت مدیریت فاضلاب شهری ایران. "مجله سلامت و بهداشت اردبیل ۲(۳): ۴۰-۴۷.

قاسمی، م. ۱۳۹۴. گزارش مدیریت مصرف انرژی در صنعت آب و فاضلاب کشور. تهران، ایران.

متین پور، ب. و حسین زاده، ع. ۱۳۹۷. احداث و نصب نیروگاه خورشیدی به منظور کاهش هزینه‌ها (مطالعه موردی: شرکت آب و فاضلاب شهری استان همدان). دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران. انجمن آب و فاضلاب ایران-دانشگاه صنعتی اصفهان.

مجرد، ف. و مرادی، ک. ۱۳۹۳. نگرشی بر ناموزونی‌ها و روندهای ساعات آفتابی در ایران. جغرافیا و توسعه، ۱۵۳: ۳۴-۶۶.

1- Jumby Bay Island

2- NPV

3- LCOE

4- Maximum Power Point Tracker (MPPT)

5- Wet Land

6- Analytic Hierarchy Process

7- Life Cycle Assessment

8- Fuzzy comprehensive evaluation method

9- Specific energy consumption

10- Unit energy consumption

11- Silver City

12- EPA

13- PPA

14- Greenskies

15- Ledyard

16- Net Metering

17- IBC Solar

18- PodTanks

۱۹- امور آب و فاضلاب

## منابع

استفاده از انرژی خورشیدی برای تأمین نیاز برق تأسیسات در شرکت آبفای قم. ۱۳۹۶. پورتال انرژی خورشیدی.

<http://www.pvportal.ir/en/node/401> (visited May 6, 2020)

استفاده از انرژی خورشیدی در تصفیه‌خانه آب خرم‌آباد. ۱۳۹۵. ایسنا.

<https://www.isna.ir/news/95031715535/> (visited December 7, 2019)

امکان‌سنجی استفاده از انرژی‌های خورشیدی در تأسیسات شرکت آب و فاضلاب همدان و اجرای برخی کاربری‌ها. ۱۳۹۲. همدان.

<https://ganj-old.irandoc.ac.ir/articles/715192>

ایرنا. ۱۳۹۸. وزیر نیرو: ۵۱ درصد جمعیت شهری کشور تحت پوشش شبکه فاضلاب است. ایرنا. [shorturl.at/gkvzR](http://shorturl.at/gkvzR).

ایلنا. ۱۳۹۶. دو درصد برق کشور در آب و فاضلاب مصرف می‌شود. ایلنا.

<https://www.ilna.news/fa/tiny/news-305112> (visited February 14, 2020)

بهره‌برداری از مرحله دوم نیروگاه خورشیدی ستاد مرکزی شرکت آب و فاضلاب. ۱۳۹۷. خبرگزاری صدا و سیما.

<http://www.iribnews.ir/008xjo> (visited December 7, 2019)

تولید ۲۰ کیلووات برق از انرژی خورشیدی ساختمان آبفای همدان. ۱۳۹۷. خبرگزاری فارس.

<https://bit.ly/30u3j67> (visited December 7, 2019)

حسینی بیدار، س. ه. و متین پور، ب. ۱۳۹۷. امکان‌سنجی استفاده از پمپ‌های خورشیدی در صنعت آبفا (مطالعه موردی: شهر ازندریان استان همدان). دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران، انجمن آب و فاضلاب ایران-دانشگاه صنعتی اصفهان.

- Eva P. B. 2019. Floating Solar. WaterWorld Magazine. <https://www.waterworld.com/home/article/14071045/floating-solar> (visited June 5, 2020).
- Fadhil Y.A. and M. El-Halwagi M. 2018. An Integrated Approach to Water-Energy Nexus in Shale-Gas Production. *Processes*, 6(5)52: 2-25.
- Foteinis S., Jose M., Monteagudo A. D. and Efthalia Ch. 2018. Environmental Sustainability of the Solar Photo-Fenton Process for Wastewater Treatment and Pharmaceuticals Mineralization at Semi-Industrial Scale. *Science of The Total Environment* 612: 605-12.
- Guo Z., Yongjun Sun Sh., Yuan P. and Pen Ch. Ch. 2019. Integration of Green Energy and Advanced Energy-Efficient Technologies for Municipal Wastewater Treatment Plants. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(7): 1-29.
- Han Ch., Liu J., Liang H., Guo X. and Li L. 2013. An Innovative Integrated System Utilizing Solar Energy as Power for the Treatment of Decentralized Wastewater. *Journal of Environmental Sciences*, 25(2): 274-79.
- Hervas B., Estefanía M., Pitarch E., Navarro P. and José M. 2017. Optimal Sizing of a Heat Pump Booster for Sanitary Hot Water Production to Maximize Benefit for the Substitution of Gas Boilers. *Energy*, 127: 558-70.
- Hudnell H. K., Green D., Vien R., Butler S. and Rahe G. 2011. Improving Wastewater Mixing and Oxygenation Efficiency with Solar-Powered Circulation. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 13(5): 731-42.
- IBC SOLAR Energy Is Going to Implement Solar Drinking Water Supply in Hanoi. 2020. IBC Solar Official Website. <https://www.ibcsolar.com/corporate/press/article/news/detail/News/ibc-solar-energy-is-going-to-implement-solar-drinking-water-supply-in-hanoi/> (visited June 5, 2020).
- IEA. 2019. World Energy Outlook 2019. Paris. International Energy Agency.
- Irena. 2016. Irena Solar Pv in Africa: Costs and Market.
- Jones L.E. and Gustaf O. 2017. Solar Photovoltaic and Wind Energy Providing Water. *Global Challenges*, 1(5): 1600022.
- Khan Mamun R., Kurny A. S. W. and Gulshan F. 2017. Parameters Affecting the Photocatalytic Degradation of Dyes Using TiO<sub>2</sub>: A Review. *Applied Water Science* 7(4): 1569-78.
- Laura Maeso Velasco, and Udo Gattenlöhner. 2019. Solar Energy Supply for a Wastewater Treatment Plant in Jordan. <https://www.globalnature.org/en/wastewater-treatment-plant-jordan> (visited May 6, 2020).
- Luboschik U. 1999. Solar Sludge Drying—Based on the IST مسافری، م. و مصداقی‌نیا، ندافی. ۱۳۸۱. مدیریت لجن تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری ایران در افق ۱۴۰۰. پنجمین همایش ملی بهداشت محیط. دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران. مرکز آمار ایران. ۱۳۹۹. ”برآوردهای جمعیتی درگاه ملی آمار“. [shorturl.at/bx267](http://shorturl.at/bx267).
- معاونت بررسی‌های اقتصادی اتاق بازرگانی تهران. ۱۳۹۷. چشم‌انداز جمعیت شهری و روستایی ایران تا سال ۲۰۵۰. تهران وب‌سایت رسمی دفتر مدیریت مصرف انرژی و سیستم‌های کنترل. ۱۳۹۹. <https://www.nww.ir/energy> (visited May 6, 2020)
- وب‌سایت سازمان انرژی‌های نو و تجدیدپذیر ایران. ۱۳۹۹. <http://www.satba.gov.ir/> (visited May 6, 2020)
- وحیدی، ج. واحدی، ا. وحیدی، ل. و علوی، س.ا. ۱۳۹۰. کاربرد انرژی خورشید و باد برای فراوری پسماندهای شهری تصفیه‌خانه‌ها. دومین همایش بیوانرژی ایران (بیوماس و بیوگاز). تهران. ایران. وضعیت تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری موجود در کشور. ۱۳۹۷. خبرگزاری مهر.
- <https://www.mehrnews.com/news/4306266/> (visited May 11, 2020)
- Ahmadi E., Benjamin M., Mohammadi-Ivatloo B. and Tezuka T. 2020. The Role of Renewable Energy Resources in Sustainability of Water Desalination as a Potential Fresh-Water Source: An Updated Review. *Sustainability (Switzerland)*, 12(13)5233: 1-31.
- Arashiro L. T., Montero N. Ferrer I., Gabriel Acien F., Gómez C. and Garfí A. 2018. Life Cycle Assessment of High Rate Algal Ponds for Wastewater Treatment and Resource Recovery. *Science of The Total Environment*, 622-623: 1118-30.
- Azevedo F. 2014. Renewable Energy Powered Desalination Systems: Technologies and Market Analysis. University of Lisbon.
- Beca P. 2015. Report Opportunities for Renewable Energy in the Australian Water Sector.
- Bukhary S., Jacimaria B. and Sajjad A. 2020. An Analysis of Energy Consumption and the Use of Renewables for a Small Drinkingwater Treatment Plant. *Water (Switzerland)*, 12(1)28: 1-21.
- Chawaga P. 2017. Wastewater Facilities Make Solar Power Strides. *Water Online Magazine*. <https://www.wateronline.com/doc/wastewater-facilities-make-solar-power-strides-0001> (visited June 5, 2020)
- Day D. 2010. Solar Proves Its Power. *TPO*. <https://www.tpo-mag.com/editorial/2010/04/solar-proves-its-power>.
- Energy Efficiency in Water and Wastewater Facilities. A Guide to Developing and Implementing Greenhouse Gas Reduction Programs. 2013. U.S. Environmental Protection Agency. United States.

- Nexus. Global Green Growth Institute.
- Shouman E., Sorour R. M. H., and Abulnour A. G. 2015. Economics of Renewable Energy for Water Desalination in Developing Countries. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 8(5): 227–31.
- Solar Electricity Powers the Wastewater Treatment Plant. 2019. [http://www.townofsilvercity.org/r/town\\_of\\_silver\\_city\\_NM.php?r=67,femgc](http://www.townofsilvercity.org/r/town_of_silver_city_NM.php?r=67,femgc) (visited December 7, 2019).
- Solar E.. 2019. Greenskies Installs Solar Array for Middletown Water Treatment Facility. <https://elitesolarpros.com/2019/06/03/middletown-water-treatment-solar/> (visited June 5, 2020).
- Solar Energy for Water Treatment | Meeco. 2019. <https://www.meeco.net/references/residential/pv-energy-for-water-treatment> (visited May 4, 2020).
- Strazzabosco A., Kenway S.J. and Lant P.A. 2019. Solar PV Adoption in Wastewater Treatment Plants: A Review of Practice in California. *Journal of Environmental Management*, 248: 109337.
- Taha M. and Rashed A. 2017. Potential Application of Renewable Energy Sources at Urban Wastewater Treatment Facilities in Palestine – Three Case Studies. *Desalination and Water Treatment*, 94: 64–71.
- United Nations Sustainable Development. 2019. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/> (visited May 4, 2020).
- Valero D., Ortiz J.M., Expósito E., Montiel V. and Aldaz A. 2010. Electrochemical Wastewater Treatment Directly Powered by Photovoltaic Panels: Electrooxidation of a Dye-Containing Wastewater. *Environmental Science & Technology*, 44(13):5182–87.
- Waste Water Sewage Treatment Plants - PodTanks Sewage Systems. 2020. PodTanks Official Website. [https://www.podtanks.com/solar\\_powered\\_sewage\\_treatment\\_plant.html](https://www.podtanks.com/solar_powered_sewage_treatment_plant.html) (visited June 5, 2020).
- Wastewater Treatment Facility Solar Electric System. 2020. City of Boulder Colorado Official Website. <https://boulder.colorado.gov/water/wastewater-treatment-facility-solar-electric-system> (visited June 5, 2020).
- Water Treatment Plants Powered by Renewable Energies. 2020. Imnovation. <https://www.imnovation-hub.com/water/water-treatment-plants-powered-by-renewable-energies/> (visited May 4, 2020).
- Xu J., Li Y., Wang H., Wu J., Wang X. and Li F. 2017. Exploring the Feasibility of Energy Self-Sufficient Wastewater Treatment Plants: A Case Study in Eastern China. *Energy Procedia* 142: 3055–61.
- Process. *Renewable Energy* 16(1): 785–88.
- Ludt B. 2019. Greenskies Finishes 137-KW Solar Array at Water Treatment Plant. *Solar Power World*. <https://www.solarpowerworldonline.com/2019/05/greenskies-finishes-137-kw-solar-array-at-water-treatment-plant/>.
- Lynch N. 2015. Solar Panels Proposed for Power Generation at Ledyard Wastewater Treatment Site. *The Day*. <https://www.theday.com/article/20151202/NWS01/151209805> (visited June 5, 2020).
- Mahmoodi, V., Rohani Bastami T. and Ahmadpour A. 2018. Solar Energy Harvesting by Magnetic-Semiconductor Nanoheterostructure in Water Treatment Technology. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(9): 8268–85.
- Mathioudakis V L. Kapagiannidis A.G. Athanasoulia E. Diamantis V.L. Melidis P. and Aivasidis A. 2009. Extended Dewatering of Sewage Sludge in Solar Drying Plants. *Desalination*, 248(1): 733–39
- Olsson G. 2015. *Water and Energy: Threats and Opportunities*. second edition. IWA Publishing.
- PV Solutions for Supplying Drinking Water. 2019. <https://www.pveurope.eu/News/Solar-Generator/PV-solutions-for-supplying-drinking-water> (visited May 4, 2020).
- Reforming Energy Subsidies Could Curb India's Water Stress. 2019. World Watch Institute. [www.worldwatch.org/reforming-energy-subsidiescould-curb-india-s-water-stress-0](http://www.worldwatch.org/reforming-energy-subsidiescould-curb-india-s-water-stress-0) (visited May 4, 2020).
- Renewable Energy in the Water, Energy & Food Nexus. 2015. IRENA. <https://www.irena.org/publications/2015/Jan/Renewable-Energy-in-the-Water-Energy--Food-Nexus> (visited May 4, 2020).
- Richards B.S. and Andrea I. S. 2009. Chapter 12. In *Sustainable Water for the Future-Water Recycling versus Desalination*.
- Rodríguez, R et al. 2018. Life Cycle Assessment and Techno-Economic Evaluation of Alternatives for the Treatment of Wastewater in a Chrome-Plating Industry. *Journal of Cleaner Production*, 172: 2351–62.
- Rosa-Clot M., Giuseppe M. and Sandro N. 2017. Floating Photovoltaic Plants and Wastewater Basins: An Australian Project. *Energy Procedia* 134: 664–74.
- Sharma G. J. Choi H., Shon K., and Phuntsho S. 2011. Solar-Powered Electrocoagulation System for Water and Wastewater Treatment. *Desalination and Water Treatment* 32(1–3): 381–88.
- Shim H. S. 2017. Solar-Powered Irrigation Pumps in India — Capital Subsidy Policies and the Water-Energy Efficiency



## Investigation of the Effect of Irrigation with Urban Wastewater on Growth Indices of Green Space Species in Tehran (*Nerium Oleander* and *Festuca*)

S. Partani<sup>1\*</sup>, A. Mahmoudi Mozafar<sup>2</sup>

1- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Bojnord, Bojnord, Iran.

2- MSc, Urban Human Ecology Research Group of Kargosha, Tehran, Iran.

\*(Corresponding Author Email: S\_partani@ub.ac.ir)

Received: 06-09-2020

Accepted: 22-10-2020

## بررسی اثر آبیاری با پساب شهری بر شاخص‌های رشد گونه‌های فضای سبز تهران (خرزهره و فستوکا)

صادق پرتانی<sup>۱\*</sup>، عطیه محمودی مظفر<sup>۲</sup>

۱- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بجنورد، ایران.

۲- کارشناس ارشد، گروه پژوهشی بوم‌شناسی انسانی شهری کارگشا، تهران، ایران.

\*(نویسنده مسئول، E-Mail: S\_partani@ub.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۰۱

### Abstract

This research is based on a field study of the role and effluent performance on the growth and maintenance of urban green space in the form of a research by designing experiments and building blocks for two different species as a real pilot, The field of evaluation has provided the possibility of reusing the effluent of Ekbatan treatment plant. In this study, with the aim of identifying sustainable water sources in order to maximize recycling and pathology of the potential of using wastewater in Tehran to implement the goals of human ecology of sustainable development, the effect of irrigation with treated effluent on vegetative characteristics (including height, number of branches, etc.) The plant species of fennel *Nerium Oleander* and *Festuca* have been studied. The growth and yield of selected plants were evaluated and compared under complete treatment of effluent and well water. For this purpose, this study was conducted in the open space in the form of a multi-observation completely randomized controlled trial (CRD) design with three replications. The results showed that the growth rate of different organs under the influence of treatment conditions is noticeable and observable growth. *Nerium Oleander* had the greatest effect on the height and diameter of the canopy cover from the effluent treatment, while the effect of the effluent treatment in *Festuca*, in addition to the height and canopy cover, was also on the leaf length. Therefore, it can be concluded that the use of treated wastewater to irrigation of urban green space is possible and leads to more favorable plants growth.

**Keywords:** Green Space, Reuse, Urban Wastewater, Plant Growth Indices, Native Species.

### چکیده

این پژوهش با بررسی میدانی نقش و عملکرد پساب بر میزان رشد و نگهداری فضای سبز شهری در قالب یک پژوهش با طراحی آزمایش و ساخت بلوک برای دو گونه مختلف به عنوان یک پایلوت واقعی، زمینه ارزیابی امکان استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه شهرک اکباتان را فراهم کرده است. در این تحقیق با هدف شناسایی منابع آب پایدار در راستای بازچرخانی حداکثری و آسیب‌شناسی پتانسیل استفاده از پساب شهر تهران جهت پیاده‌سازی اهداف اکولوژی انسانی توسعه پایدار، تأثیر آبیاری با پساب تصفیه شده بر روی خصوصیات رویشی (شامل ارتفاع، تعداد شاخه و...) دو گونه گیاهی خرزهره (*Nerium oleander*) و فستوکا (*Festuca*) بررسی شده است. رشد و عملکرد گیاهان منتخب تحت شرایط تیمار کامل از پساب و آب چاه، بررسی و مقایسه شد. به این منظور، این تحقیق در فضای باز و در قالب طرح آزمایش‌های کاملاً تصادفی (CRD) چند مشاهده‌ای و در سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد، میزان رشد اندام‌های مختلف گیاهان تحت تأثیر شرایط تیمار، رشد محسوس و قابل بررسی در پی دارد خرزهره بیشترین تأثیر را در ارتفاع و قطر تاج پوشش از تیمار پساب پذیرفت، درحالی‌که تأثیر تیمار پساب در فستوکا علاوه بر ارتفاع و تاج پوشش، روی طول برگ نیز بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت استفاده از پساب تصفیه شده جهت آبیاری فضای سبز شهری میسر است و منجر به رشد مطلوب‌تر گیاهان می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** فضای سبز، استفاده مجدد، پساب شهری، شاخص‌های رشد گیاهان، گونه‌های بومی.



استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری فضای سبز راهکار مناسبی در راستای حفاظت از منابع آب موجود می‌باشد. کمبود منابع آب در شهرهای بزرگ و استفاده از منابع آب زیرزمینی یا سایر منابع آب تصفیه شده برای شرب موضوعی است که می‌تواند موجب تشدید چالش بحران آب شهری شود. میانگین بارندگی سالیانه در ایران، از یک سوم بارش سالانه در دنیا کمتر است (بابائی فینی و فرج زاده، ۱۳۸۱) در شرایطی که کشور به شدت از لحاظ کمبود منابع آب شیرین رنج می‌برد و رشد جمعیت منجر به افزایش آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و فشار بر منابع تجدید پذیر شده و در دراز مدت مسئله بحران منابع آب به صورت یک مسئله جدی مطرح است، توجه به منابع غیر متعارف آب یک ضرورت اجتناب ناپذیر می‌باشد.

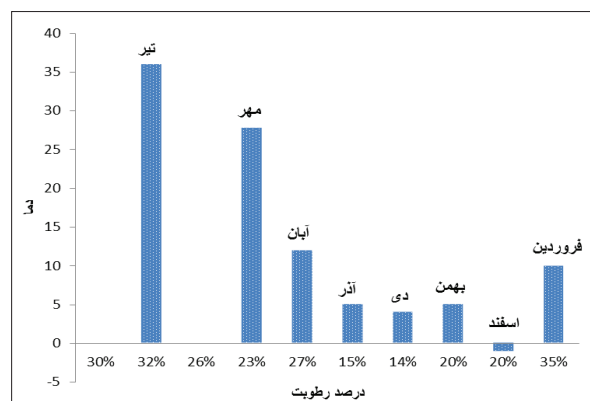
از سوی دیگر، متمرکز شدن مراکز جمعیتی و صنعتی در نقاط مختلف، باعث شکل‌گیری حجم بالایی از پساب فاضلاب می‌شود که عدم توجه به یافتن بهترین شیوه‌های دفع آن، مشکلات زیست‌محیطی زیادی را در اطراف این نقاط به همراه خواهد داشت (پروینی، ۱۳۷۲). در حال حاضر حدود ۹۳ درصد از کل آب مصرفی کشور صرف آبیاری کشاورزی می‌شود (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۹). یکی از عوامل موثر و پایدار و همواره در دسترس که می‌تواند موجب کاهش فشار وارد بر کمیت منابع آب شود، استفاده مجدد از پساب است. این مسئله ممکن است بر شیوه و بازده تخصیص آب بین بخش‌های مختلف کشاورزی و شرب اثر گذار باشد (Jeong و همکاران، ۲۰۱۶). باتوجه به مشکلات ناشی از کمبود آب در مناطق خشک استفاده از آب‌های نامتعارف برای کشت گیاهان و احیای بیولوژیکی از گذشته پذیرش بیشتری داشته است. پژوهشگران در بررسی ویژگی‌های رویشی گیاه قره داغ تحت درصدهای مختلف پساب و لجن فاضلاب به این نتیجه رسیدند، هرچه پساب خالص‌تر باشد میزان رشد پارامترهای فیزیکی گیاه مطلوب‌تر است (کریم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵). سیادمنش و همکاران (۱۳۹۴) گزارش نمودند هشت سال آبیاری با پساب تصفیه شده شهرک صنعتی آمل توانست زمین‌های شور سدیمی منطقه را بدون هیچ تیمار دیگری به یک خاک مناسب برای کشاورزی تبدیل کند. همچنین، آبیاری با فاضلاب صنعتی نتوانست غلظت عناصر سنگین در گیاهان منطقه را به مرز زیان‌آوری برساند. در شهر آپولیا<sup>۱</sup> در حوزه مدیترانه با شرایط آب‌وهوایی نیمه‌خشک نتایج ارزیابی آبیاری مزارع محصولات مختلف گیاهی (خیار،

کاهو، هندوانه، خربزه، گوجه فرنگی، رازیانه) با استفاده از پساب تصفیه شده و آب چاه، جهت مقایسه اثرات منابع آبی مختلف در خاک و سبزیجات نشان داد، کیفیت و بازدهی محصولات آبیاری شده با پساب مناسب‌تر از محصولات آبیاری آب چاه می‌باشد. رحیمی و همکاران (۱۳۹۳) تغییرات فلزات سنگین حاصل از مصرف پساب صنعتی در خاک و گیاه تربچه را بررسی کردند. نتایج نشان داد، غلظت کل فلزات سنگین در خاک آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده بیشتر از غلظت این عناصر در خاک آبیاری شده با آب معمولی است. علاوه بر آن آبیاری با پساب بر افزایش غلظت عناصر سنگین در غده و اندام هوایی گیاه تربچه موثر نبود. مرادی‌نسب و همکاران (۱۳۹۴) با هدف تأثیر پساب صنعتی بر کیفیت خاک اراضی فضای سبز مجتمع فولاد مبارکه استان اصفهان، آبیاری شده با آب چاه و پساب صنعتی را بررسی نمودند، نتایج نشان داد pH خاک در اراضی آبیاری شده با پساب نسبت به تیمار شاهد آبیاری شده با آب چاه کمتر است. به‌طور کلی مدیریت آبیاری با پساب جهت فضای سبز مجتمع فولاد مبارکه موجب بهبود کیفیت خاک این اراضی نسبت به گذشته شد (مرادی نسب و همکاران، ۱۳۹۴). کریم‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) نشان داده است، استفاده از فاضلاب‌ها به دلیل در برداشتن ترکیبات آلی، بر وضعیت حاصلخیزی موثر است. در نشست متخصصین سازمان جهانی بهداشت ۱۹۷۳ (FAO، ۲۰۱۰) اعلام شد تولید پسابی با کیفیت ۱۰۰۰ کلیفرم در ۱۰۰ میلی لیتر، از نظر فنی به راحتی امکان‌پذیر است و آبیاری بدون محدودیت محصولات با چنین پسابی، احتمالاً مخاطرات بهداشتی بسیار محدودی خواهد داشت. افزایش غلظت مواد مغذی در فاضلاب رشد گیاه را مطلوب‌تر خواهد کرد (Mohammadi و همکاران، ۲۰۱۵).

در این تحقیق، آثار استفاده مجدد از پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک اکباتان تهران به‌عنوان یکی از منابع پنهان آب، به‌صورت موردی بر رشد و عملکرد گیاهان رایج در فضای سبز شهری کلان‌شهر تهران، شامل خربزه و فستوکا، تحت اعمال تیمارهای متفاوت آبیاری بررسی شد. هدف از این پژوهش، امکان‌سنجی و ارزیابی شرایط کیفی پساب تصفیه‌خانه شهرک غرب تهران جهت آبیاری فضای سبز و تأثیر آن بر شاخص‌های رشد گیاهان فضای سبز است. بنابراین این پژوهش با بهره‌گیری از تجارب مطالعات پیشین و در مقیاس آزمایشگاهی-واقعی، به مقایسه جامع تأثیر استفاده مجدد از پساب تصفیه شده شهری بر رشد اندام‌های مختلف گیاه می‌پردازد تا بتوان یکی از منابع آب پنهان برای توسعه اکوسیستم شهری و کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی را امکان‌سنجی نمود.

## • منطقه مورد مطالعه

پس از طی مقدمات پژوهش شامل مطالعات کتابخانه‌ای و مرور منابع علمی و مطالعات انجام شده در داخل و خارج از کشور و بررسی منطقه جغرافیایی، ارزیابی امکانات، تجهیزات و هماهنگی با سازمان‌های مرتبط با پژوهش ضمن برنامه‌ریزی به‌صورت ماهیانه این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی بدون تکرار و مدلسازی فیزیکی و میدانی فضای سبز واقعی انجام شد. مکان پژوهش در مجاورت بزرگراه شهید باقری و آلودگی‌های احتمالی آن شامل آلاینده‌های هوا و صوتی در دو بلوک واقع در منطقه ۸ تهران با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی در مدت ۱۲ ماه انجام پذیرفت. شرایط اقلیمی (متغیرهای دما و رطوبت محیط) برگرفته از بایگانی سازمان هواشناسی استان تهران به‌صورت متوسط ماهانه ۱۰ ساله در منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) ارائه شده است.



شکل ۱- تغییرات متوسط دما و رطوبت ماهانه در منطقه مورد مطالعه

## • گونه‌های گیاهی مورد مطالعه

براساس محدودیت‌های زمانی، مکانی و ساختار کیفی خاک موجود در پایلوت‌ها و به‌منظور نزدیک شدن به شرایط واقعی تصمیم‌گیری در مورد انتخاب گونه‌های گیاهی متداول موجود در فضای سبز منطقه توسط سازمان فضای سبز شهرداری تهران در حال کاشت در منطقه؛ گونه‌های گیاهی خرزهره (*Nerium oleander*) و فستوکا (*Festuca*) انتخاب شد.

## • روش انجام مطالعه میدانی و تیمارها

جهت کاشت از قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD) چند مشاهده‌ای دو گونه گیاهی خرزهره و فستوکا در دو بلوک و بدون تکرار استفاده و تعداد هر گونه از گیاهان در هر

بلوک ۱۰ عدد کاشته شد. همان‌طورکه از نام طرح کاملاً تصادفی معلوم می‌شود، تیمارها به‌طور کاملاً تصادفی در کرت‌ها یا واحدهای آزمایشی قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که شانس همه تیمارها برای قرار گرفتن در هر یک از کرت‌ها مساوی باشند. سپس برای آبیاری در این پژوهش از معمولی‌ترین نوع فاضلاب که حاصل اقدامات بهداشتی مانند استحمام، شستشوی لباس، پخت‌وپز و دیگر مصارف آشپزخانه و مواد زائد بدن انسان (مدفوع و ادرار) که منشا آن فاضلاب تصفیه شده شهرک اکباتان می‌باشد، در مدل فیزیکی و در شرایط نقطه‌ای استفاده شد. پس از استقرار کامل گونه‌ها و تشکیل تراکم مناسب و بدون افزودن کود، تیمارهای آبیاری به تفکیک اعمال شدند. همچنین به‌منظور جلوگیری از اختلاط تیمارهای آزمایش، فاصله مناسب بین بلوک‌ها (حداقل ۳ متر) در نظر گرفته شد. عملیات آبیاری گونه‌های گیاهی در دو پایلوت در شرایط محیطی یکسان در ارتباط مستقیم با فرآیندهای شهری حمل و نقل، صوت، تردد عابرین) تحت اجرای طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی اجرا شد. یکی از پایلوت‌ها (هر پایلوت شامل سه بلوک و هر بلوک شامل سه قرص نهال گیاه مورد مطالعه بود) با آب فاضلاب (۱۰۰٪ پساب) و یکی با آب چاه (۰٪ پساب) در فواصل زمانی روزانه مطابق با عملیات آبیاری فضای سبز توسط شهرداری آبیاری شد. فاضلاب مورد نیاز به‌وسیله گالن‌های ۲۰ لیتری در فواصل زمانی هر سه روز یکبار از تصفیه‌خانه فاضلاب به محل اجرای آزمایش حمل و ذخیره شد. میزان کاربرد آب به‌وسیله آبیاری مدرج تنظیم (یک لیتر برای هر نهال که از نظر حجمی معادل حجم آبیاری مدیریت فضای سبز با آب چاه باشد) و مصرف شد. اولین آبیاری با هدف رساندن رطوبت خاک به ۱۰۰ درصد نیاز آبی، با آب چاه انجام گرفت. در ادامه هر هفته غلظت آب چاه کاهش داده شد، به‌طوری‌که درصدهای مختلفی (از حجم آب آبیاری) با فاضلاب (در نوبت اول ۰٪، نوبت دوم ۲۵٪، نوبت سوم ۵۰٪، ۷۵٪، نوبت چهارم ۱۰۰٪) جایگزین شد تا فرآیند آبیاری با پساب منجر به شوک در گیاه نشود و زمان سازگاری در گیاه به وجود آید و آب آبیاری به تدریج تبدیل به پساب شود. در مرحله بعد آزمایش تنها آبیاری با پساب صورت گرفت.<sup>۲</sup>

در طول اجرای آزمایش، پارامترهای فیزیکی گیاه شامل افزایش طول، قطرتاج پوشش و ارتفاع تاج پوشش با در نظر گرفتن قسمت خمیده ساقه گیاه خرزهره (با استفاده از متر پارچه‌ای) در طول تحقیق هر سه روز یکبار اندازه‌گیری شد. برای آنالیز آماری از نرم‌افزار Minitab و برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

## • مشخصات آب و خاک بستر اجرای پایلوت و تیمارها

مشخصات کیفی پساب و آب چاه در طول مدت اجرای تحقیق در آزمایشگاه تصفیه‌خانه اکباتان مطابق با روش‌های استاندارد ذکر شده در مرجع معتبر استاندارد متد (APHA, ۱۹۹۸) به‌طور مستمر بررسی شد. در هر دوره نمونه‌برداری از خاک تعداد ۱۸ نمونه به‌صورت تصادفی از یک نقطه و دو نقطه در شعاع حداکثر ۲ متری آن و از اعماق ۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری برداشت و پس از اختلاط به آزمایشگاه منتقل شد. غلظت کل آهن (Fe)، مس (Cu)، روی (Zn)، منگنز (Mn) در نمونه‌های خاک (پرتانی و همکاران، ۱۳۹۸)

پس از هضم خاک توسط اسید نیتریک (تیزاب سلطانی) و عصاره‌گیری (رضایی کپخا و همکاران، ۱۳۹۰) با استفاده از دستگاه GBC-۹۳۲ قرائت شد. واکنش خاک به‌وسیله pH متر در گل اشباع و قابلیت هدایت الکتریکی (EC) در عصاره گل اشباع (Rhoades, ۱۹۸۲) ماده آلی خاک به روش اکسایش تر (Nelson و Somers, ۱۹۹۶) و بافت خاک با هیدرومتر (Gee و Bauder, ۱۹۸۶) اندازه‌گیری شد. از آنجایی‌که فرآیند آبیاری با پساب ویژگی‌های خاک را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Irandoost و Tabriz, ۲۰۱۷) بررسی کیفیت خاک قبل و بعد از تیمار مهمترین بخش تحقیق می‌باشد.

## نتایج و بحث

نتایج مربوط به خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مورد استفاده در طرح پایلوت‌های محل آزمایش قبل از کاربرد تیمارهای این پژوهش در جدول‌های (۱، ۲ و ۳) در دو مرحله آزمایش در عمق‌های ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری نشان داد، برای خاک با بافت لوم رسی و شنی، pH در حدود ۸/۵، هدایت الکتریکی ۳/۱ دسی‌زیمنس بر متر و وزن مخصوص ظاهری ۱/۴ گرم بر سانتیمتر مکعب می‌باشد. سایر مشخصات شیمیایی خاک بعد از اعمال تیمارهای آبیاری به‌همراه میزان حداکثر مجاز پیشنهادی از سوی استاندارد (WHO, ۱۹۹۰) در جدول (۴) و

(۵) ارائه شده است. ویژگی‌های شیمیایی مانند شوری، pH، غلظت برخی عناصر غذایی پرمصرف (FAO, ۲۰۱۰) و فلزات سنگین برای آب معمولی یکبار اندازه‌گیری شد. این آزمایش‌ها همچنین برای پساب تصفیه شده در فصول مختلف سال باتوجه‌به تغییرات فیزیکی، شیمیایی، بارندگی‌های فصل نیز موردآزمایش و اندازه‌گیری قرار گرفت که میانگین سالیانه نتایج در جدول (۶) ارائه شد. از آنجایی‌که این گیاهان مصرف خوراکی نداشته و در محدوده‌های کم‌دسترس (مانند حاشیه خیابان‌ها و بلوارهای اتوبان‌ها و بزرگراه‌ها، کاشت می‌شوند و مانند چمن برای استفاده تفریحی در تماس مستقیم با شهروندان نمی‌باشند، شمارش و تعیین کلیفرم‌ها انجام نگرفت.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در طرح پایلوت قبل از احداث (تاریخ انجام آزمایش: ۹۵/۸/۱۷)

| SP   | Cu   | Mn  | Zn   | Fe   | O.C  | Kave | Pave | TotalN | T.N.V | مشخصات               |
|------|------|-----|------|------|------|------|------|--------|-------|----------------------|
| %    | ppm  | ppm | ppm  | Ppm  | %    | ppm  | Ppm  | %      | %     |                      |
| —    | ۲-۱  | ۸-۶ | ۲    | ۱۰-۸ | ۱/۵  | ۳۵۰  | ۱۵   | >۰/۱۵  | <۱۰   | حدود مطلوب مطابق who |
| ۳۰/۱ | ۱/۲۲ | ۴/۹ | ۰/۳۲ | ۶/۸۴ | ۰/۲۳ | ۳۰۸  | ۱۴/۸ | ۰/۰۱   | ۱۰/۲  | عمق ۳۰-۰             |
| ۲۸/۳ | ۰/۹۴ | ۴   | ۰/۴۲ | ۴/۵  | ۰/۰۹ | ۲۱۶  | ۱۴   | ۰/۰۲   | ۱۱/۸  | عمق ۶۰-۳۰            |

Total N: Total Nitrogen (کل نیتروژن)

(%) SP: Saturation Ratio (درصد اشباع)

T.N.V.: Lime or calcium-containing (درصد آهک)

P<sub>ave</sub>: Adorable Average Phosphorus concentration (غلظت فسفر قابل جذب)

K<sub>ave</sub>: Adorable Average Potassium Concentration (غلظت پتاسیم قابل جذب)

OC: Organic Carbon (درصد کربن آلی)

جدول ۲- مشخصات فیزیکی خاک مورد استفاده در پایلوت طی دو مرحله آزمایش در عمق‌های ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری قبل از احداث

| بافت        | Silt  | Sand  | Clay  | مشخصات               |
|-------------|-------|-------|-------|----------------------|
| لوم رسی     | ۴۰-۳۰ | ۵۰-۴۰ | ۳۰-۲۰ | حدود مطلوب مطابق who |
| لوم رسی شنی | ۲۴    | ۵۰    | ۲۶    | عمق ۳۰-۰             |
| لوم رسی شنی | ۱۰    | ۶۴    | ۲۶    | عمق ۶۰-۳۰            |

جدول ۳- مشخصات شیمیایی (آنیونی و کاتیونی) خاک مورد استفاده در پایلوت قبل از احداث

| کاتیون‌ها و آنیون‌ها در نمونه خاک (meq/L) |      |                 |    |    |    |                |                 |      |                  |                 |       |         |
|-------------------------------------------|------|-----------------|----|----|----|----------------|-----------------|------|------------------|-----------------|-------|---------|
| ESP                                       | SAR  | مجموع کاتیون‌ها | Na | Mg | Ca | مجموع آنیون‌ها | SO <sub>4</sub> | Cl   | HCO <sub>3</sub> | CO <sub>3</sub> | pH    | EC Ds/m |
| <۱۵                                       | <۱۰  | —               | <۸ | <۶ | <۸ | —              | <۱۰             | <۹   | <۲               | ۰               | ۷/۵-۷ | <۲      |
| ۱۹/۴                                      | ۱۷/۵ | ۱۰۶             | ۷۲ | ۲۴ | ۱۰ | ۱۰۶            | ۱۷/۳            | ۳۲/۳ | ۲/۷              | ۲/۱             | ۸     | ۵/۰۳    |

جدول ۴- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در پایلوت ها بعد از احداث (۹۵/۱۲/۲۱)

| SP   | CU   | Mn  | Zn   | Fe   | O.C  | Kava | Pava | TotalN | T.N.V | مشخصات |
|------|------|-----|------|------|------|------|------|--------|-------|--------|
| %    | ppm  | ppm | Pmm  | Pmm  | %    | Ppm  | Ppm  | %      | %     | عمق    |
| —    | ۲-۱  | ۸-۶ | ۲    | ۱۰-۸ | ۱/۵  | ۳۵۰  | ۱۵   | >۰/۱۵  | <۱۰   | —      |
| ۳۰   | ۱/۱۲ | ۶/۳ | ۰/۴۲ | ۷/۴  | ۰/۱۱ | ۹۰   | ۵    | ۰/۰۱   | ۱۲/۵  | ۳۰-۰   |
| ۲۵/۸ | ۰/۶۸ | ۴/۲ | ۰/۳۴ | ۵/۷  | ۰/۰۴ | ۵۱   | ۶/۸  | ۰/۰۱   | ۱۲/۵  | ۶۰-۳۰  |

جدول ۵- مشخصات شیمیایی (آنیونی و کاتیونی) خاک مورد استفاده در طرح پایلوت بعد از احداث

| کاتیون‌ها و آنیون‌ها در نمونه خاک (meq/L) |     |                 |     |    |    |                |                 |    |                  |                 |       |         |
|-------------------------------------------|-----|-----------------|-----|----|----|----------------|-----------------|----|------------------|-----------------|-------|---------|
| ESP                                       | SAR | مجموع کاتیون‌ها | Na  | Mg | Ca | مجموع آنیون‌ها | SO <sub>4</sub> | Cl | HCO <sub>3</sub> | CO <sub>3</sub> | pH    | EC Ds/m |
| <۱۵                                       | <۱۰ | —               | <۸  | <۶ | <۸ | —              | <۱۰             | <۹ | <۲               | ۰               | ۷/۵-۷ | <۲      |
| ۳۷/۷                                      | ۴۵  | ۳۴/۵            | ۱۲۴ | ۱۴ | ۱۲ | ۳۴/۵           | ۱۱              | ۱۹ | ۴/۲              | ۲/۱             | ۸/۳۱  | ۳       |

جدول ۶- مشخصات کیفیت آب و پساب مورد آبیاری در مقایسه با استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران

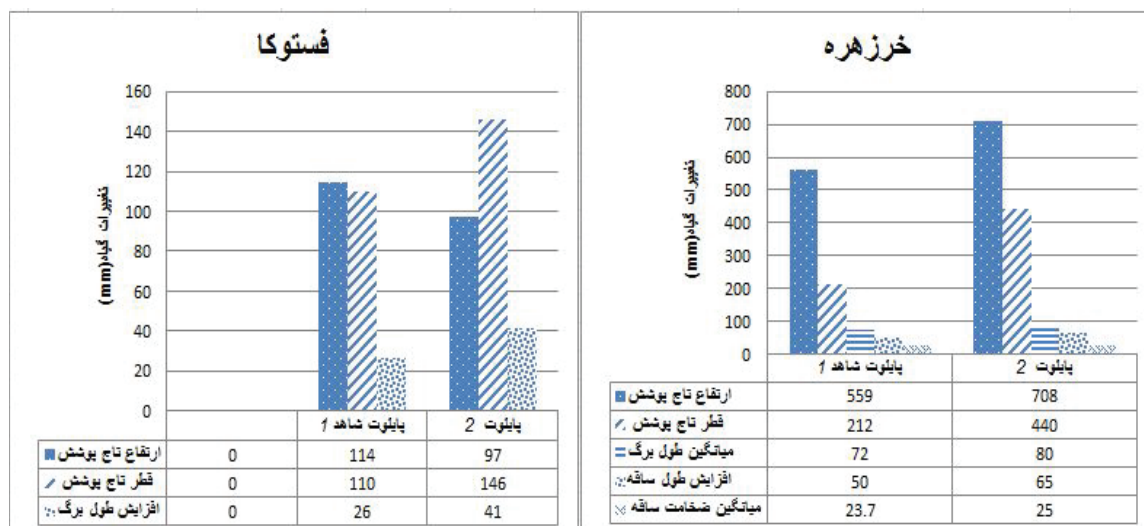
| پارامتر                          | واحد  | آب چاه | پساب | سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران* |
|----------------------------------|-------|--------|------|-------------------------------|
| pH                               | —     | ۷/۹    | ۷/۱۳ | ۸/۵ – ۶                       |
| فسفات                            | Mg/L  | ۰/۲    | ۲/۷۱ | ۵۰                            |
| نیترات                           | Mg/L  | ۴/۷۷   | ۱۹/۸ | ۱۳۰                           |
| نسبت جذب سدیم (SAR) <sup>۱</sup> | —     | ۱/۰۸   | ۲/۷۵ | ۱۰                            |
| EC                               | ds/m  | ۰/۹۷   | ۰/۷۸ | ۲/۵ – ۷/۵                     |
| منیزیم                           | Meq/l | ۴/۴۱   | ۲/۱۴ | ۸/۲                           |
| سدیم                             | Meq/l | ۲/۱۵   | ۴/۷۳ | —                             |
| کلسیم                            | Meq/l | ۳۰/۱   | ۳/۸  | —                             |
| پتاسیم                           | Meq/l | ۰/۰۴   | ۰/۴۲ | —                             |
| BOD <sub>۵</sub>                 | Ppm   | ۱۱     | ۳۵   | ۳۱                            |
| COD                              | Ppm   | ۱۷     | ۶۷   | ۱۰۰                           |
| TSS                              | Ppm   | ۹      | ۵۱   | ۴۰                            |

\* منبع: معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور (۱۳۸۹) و Abedi و همکاران (۲۰۰۱)



به منظور ارزیابی کیفیت آب معمولی و فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری از استانداردهای محیط زیست ایران (سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۸۲) نشریه ۵۳۵ (معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۹) استفاده شد. براساس این استانداردها pH و شوری فاضلاب تصفیه شده مجاز است. اما غلظت عناصر کم مصرف و سنگین در فاضلاب قابل تأمل است. بنابراین تجمع این عناصر در خاک در طولانی مدت بر اثر کاربرد فاضلاب باید بررسی شود. مقایسه نتایج سنجش های آزمایشگاهی فاضلاب و آب چاه مورد مطالعه نشان داد غلظت مواد مغذی و فلزات سنگین (Ahmadi و همکاران، ۲۰۲۰) در فاضلاب (پساب تصفیه خانه مورد مطالعه برای استفاده در آبیاری) بیشتر از آب چاه منطقه مورد مطالعه است. در این پژوهش، به منظور مقایسه شرایط مختلف تیمار میزان

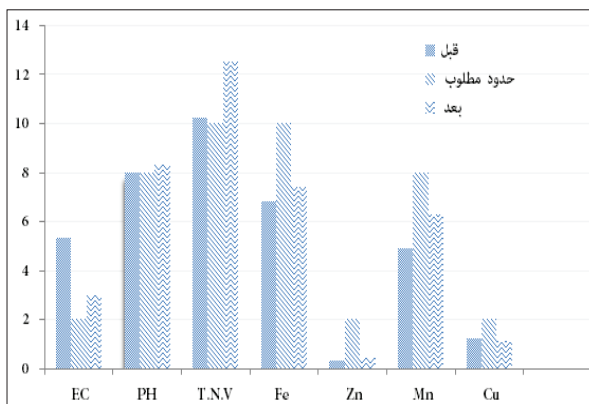
رشد و عملکرد پارامترهای فیزیکی گیاهان بررسی شد. مطابق شکل (۲) میزان متوسط رشد نهایی تمام اندام های گیاه در طول آزمایش در شرایط آبیاری کامل با پساب خروجی تصفیه خانه (پایلوت آزمایشگاهی-میدانی ۲)، بیشتر از آب چاه (پایلوت ۱) بود؛ به عبارت دیگر، نه تنها آبیاری با پساب مانع از رشد گیاه نشد بلکه به افزایش آن و باروری بیشتر گیاه منتهی شد. این موضوع در تایید نتایج مطالعات پیشین (ولی نژاد و همکاران، ۱۳۸۱؛ شریعتی، ۱۳۷۵؛ گلچین و همکاران، ۱۳۹۳؛ طاهری و همکاران؛ ۱۳۹۷) می تواند ناشی از مقادیر تقریباً بالاتر ترکیبات نیتروژن و فسفر موجود در پساب خروجی تصفیه خانه باشد (رضوان مقدم و میرزائی نجم آبادی، ۱۳۸۸)، زیرا میزان رشد اندام های مختلف به عنوان تابعی از غلظت مواد مغذی موجود در آب شناخته می شود (Poorte و Nagel، ۲۰۰۰)



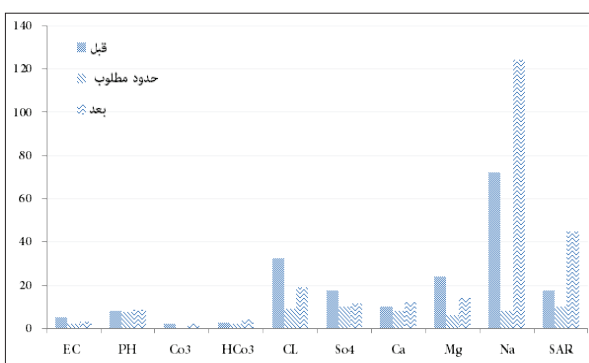
شکل ۲- میزان متوسط رشد نهایی اندام های گیاه

نتایج مطالعات آماری (لباسچی و شریفی، ۱۳۸۳؛ قنبری، ۱۳۹۴؛ اسدی و همکاران، ۱۳۹۷) تغییرات رشد اندام های گیاه در شرایط آبیاری مختلف، تفاوت محسوس و قابل بررسی (اختلاف بیش از دهم درصد El-Khateeb و همکاران، ۲۰۱۲) بین سنجش های نهایی گونه های تیمار شده و عادی) به ویژه بین آب چاه با نمونه های آبیاری شده با پساب را نشان می دهد. مشابهت در روند جذب و اندام های اساسی، تاییدی بر امکان استفاده از روش ها و نتایج مطالعات مشابه (ولی نژاد و همکاران، ۱۳۸۱) در جغرافیا و گونه های دیگر در ایران و کلان شهر تهران است. به عبارت دیگر میزان رشد گیاه و اندام های مختلف آن کاملاً وابسته به کیفیت آب آبیاری است و علت آن نیز جذب مواد مغذی (مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و ترکیبات آلی موجود

در پساب است. از آنجایی که توصیه های عمومی مآخذ معتبر جهانی بر رعایت و حفظ بهداشت عمومی استوار است و بنابراین میزان تصفیه لازم و نحوه استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده جهت آبیاری فضای سبز محدود به ضوابط اعلام شده (محمدی، ۱۳۹۴) مطابق با معیارهای سازمان محیط زیست ایران (معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهور، ۱۳۸۹) می باشد (احمدزاده و همکاران، ۱۳۹۴). باتوجه به فاصله مقادیر هدایت الکتریکی و سایر مشخصات پساب استفاده شده با مقادیر توصیه شده در استاندارد سازمان محیط زیست ایران (۱۳۸۲) احتمال تخریب بافت خاک و تأثیر منفی بر نفوذ پذیری آن کم می باشد. بنابراین، در این تحقیق علاوه بر بررسی رشد و عملکرد گیاه، ارزیابی مشخصات کیفی



شکل ۳- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در پایلوت در عمق ۳۰ سانتی متری قبل و بعد از احداث (حدود مطلوب براساس استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ۱۳۸۲)



شکل ۴- مشخصات شیمیایی (آنیونی-کاتیونی) خاک مورد استفاده در پایلوت در عمق ۳۰ سانتی متر، قبل و بعد از احداث

## بحث و نتیجه گیری

هدف از این تحقیق ارزیابی میزان رشد و عملکرد خرزهره و فستوک در صورت آبیاری با پساب تصفیه شده فاضلاب شهرک اکباتان تهران در مقایسه با شرایط تیمار آب چاه بود. نتایج نشان داد آبیاری با پساب تصفیه خانه در مدت ۱۲ ماه بدون ایجاد آثار منفی بر کیفیت خاک (پرتانی و همکاران، ۱۳۹۸) موجب افزایش رشد و بهبود مشخصه های عملکردی گیاهان نسبت به شرایط تیمار با آب چاه می شود. بررسی تأثیر عملکرد و کارایی آبیاری با پساب شهری بر شاخص های رشد بیولوژیکی و متغیرهای فیزیولوژیکی، حاصل بررسی های میدانی و مقایسه نتایج خروجی از سنجش متناوب متغیرها و شاخص های رشد گیاهی صورت گرفته، بیانگر آن است که میزان رشد اندام های مختلف گیاهان تحت تأثیر مستقیم کیفیت آب (یا پساب) آبیاری و میزان حضور مواد مغذی و ترکیبات آلی در پساب می باشد. نسبت فسفات

خاک نیز انجام گرفت. این مشخصات پیش از انجام مطالعات و پس از اتمام، به همراه حدود مجاز در جداول (۱ و ۵) ارائه شد. در شکل های (۳ و ۴) مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در طرح پایلوت در عمق ۳۰ سانتی متری قبل و بعد از احداث نشان داده شده است. بررسی تغییرات عمقی فلزات سنگین در پروفیل خاک در هر یک از دو توده مورد بررسی نشان دهنده تفاوت قابل توجه و محسوس نتایج تأثیر آبیاری با منابع مختلف است (جدول ۱ و ۴)، به طوری که غلظت فلزات سنگین  $Fe$ ،  $Mn$ ،  $Cr$ ،  $Pb$  خاک در هر دو توده، در لایه سطحی (۳۰-۰ سانتی متر) بیشتر از لایه های عمقی می باشد. نتایج تحقیق حاضر در غلظت فلزات سنگین با نتایج پژوهش طبری و صالحی (۱۳۹۰) مطابقت داشت. تغییرات کمتر غلظت فلزات سنگین در عمق های پایین تر خاک، به علت پویایی کم این فلزات و در نتیجه حرکت ضعیف آنها به سمت لایه های پایینی خاک و آبیاری سطحی فاضلاب شهری می باشد. باتوجه به این که بافت خاک هر دو توده مطابق جدول (۲) لومی-رسی شنی است و از طرفی هرچه بافت خاک سنگین تر باشد میزان نفوذ پذیری فلزات سنگین در خاک کاهش می یابد، انتقال فلزات سنگین به لایه های زیرین خاک کم و این فلزات بیشتر در لایه های بالایی خاک انباشته می شوند. درحالی که برای برخی از فلزات سنگین ( $Fe$ ،  $Mn$ ،  $Cr$ ،  $Pb$ ) روند معکوسی گزارش کردند و بیان کردند این روند می تواند به دلیل تفاوت در بافت خاک (بافت شنی) و درصد پایین کربن آلی خاک در لایه های خاک باشد (El-Khateeb و همکاران ۲۰۱۲).

همانطور که در شکل های (۳ و ۴) مشاهده شد، میزان املاح چون سدیم، کلسیم، منگنز، مس، روی و آهن افزایش داشته اما عناصری چون کلر، منیزیم و شوری کاهش داشته است. به دلیل جذب عناصر توسط گیاهان، تقریباً در کلیه نمونه ها عناصر غذایی ماکرو و میکرو کاهش یافته است. مقدار شوری  $EC$  و آنیون و کاتیون های خاک نیز روند کاهشی داشته و به طور کلی  $ESP$  و  $SAR$  کاهش و وضعیت خاک بهبود چشمگیری داشته است. باتوجه به اینکه عملکرد گیاه تحت شرایط آبیاری با پساب بیشتر از آب چاه بود و در مجموع نتایج مطلوبتری را در بر داشت؛ پیشنهاد می شود جهت آبیاری گیاهان فضای سبز شهری که مصرف خوراکی ندارند، پس از انجام مطالعات ارزیابی اثرات محیط زیستی، از پساب تصفیه شده استفاده شود. شایان توضیح است نتایج این پژوهش می تواند برای توسعه پژوهش در سایر تصفیه خانه های فاضلاب شهر تهران باتوجه به ارزیابی کیفی فاضلاب خام آنها بسیار مفید باشد. اما شهرهایی دیگر نظیر شهرهای صنعتی (مانند شهرک صنعتی عباس آباد) و تصفیه خانه های صنعتی نیازمند مطالعات موردی مشابه این پژوهش هستند تا نتایج قابل بررسی و مقایسه باشد.

به نیتزات بیانگر خصوصیات ازته فسفات پساب به عنوان کود جهت آبیاری فضای سبز می باشد، به طوری که نسبت های بالاتر به شرایط کود فسفات و برعکس به شرایط کود نیتزات نزدیک می شود که می تواند منجر به کاهش مصرف کود شود. در این تحقیق مشاهده شد متوسط قطر ساقه، ارتفاع گیاهان نسبت به شرایط تیمار آب چاه بیشتر می باشد. نتایج حاصل به دلیل مشابهت در روند رشد اندام های اساسی، تاییدی بر نتایج و مطالعات پیشین می باشد.

#### پیشنهاد

لازم به ذکر است بررسی و نتیجه گیری بعد از دو بار آزمایش خاک بدون خطا می باشد، لذا پیشنهاد می شود بعد از چند نوبت آبیاری نمونه برداری انجام گیرد تا بتوان به نتیجه قطعی رسید. همچنین بررسی شاخص دوام سطح برگ نیز برای مطالعات بعدی پیشنهاد می شود.

#### سپاسگزاری

از آزمایشگاه و مدیریت محترم تصفیه خانه اکباتان، جناب آقای قاسمی، برای همکاری در انجام آزمایش ها و پرسنل بهره برداری تصفیه خانه فاضلاب شهرک اکباتان و شهرداری منطقه ۸ ناحیه ۸ تهران سپاسگزاریم.

#### پی نوشت ها

- 1- منطقه ای در جنوب کشور ایتالیا (APULIA)
- 2- لازم به ذکر است که بلوک (پایلو) شاهد از ابتدای آزمایش تا پایان آزمایش با آب چاه آبیاری شد.

#### منابع

احمدزاده، س.، بیگی، ح. و ایرانپور، ر. ۱۳۹۴. پراکنش غلظت کل چهار عنصر کم مصرف گیاهی در دشت بروجن- فردان به و اثر آبیاری با پساب شهری. نشریه پژوهش های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۹ (۱): ۱۰۵-۱۱۶.

اسدی، ر.، حسن پور، ف.، مهربانی، م.، باقی زاده، ا. و کاراندیش، ف.، ۱۳۹۷. بررسی تأثیر کم آبیاری بر توزیع ریشه و رشد رویشی گیاه رزماری. مدیریت آب و آبیاری، ۸ (۲): ۲۸۹-۳۰۱.

بابائی فینی، ا.ا. و فرج زاده، م. ۱۳۸۱. الگوهای تغییرات مکانی و زمانی بارش در ایران، مدرس، ۶ (۴): ۵۱-۷۶.

پروینی، م. ۱۳۷۲. استفاده مجدد از پساب های شهری، راه حل

دیگر و منبعی قابل اطمینان، فصلنامه امور آب، وزارت نیرو، مجله آب و توسعه، شماره ۴.

پرتانی، ص.، مدنی، س. و سیدسراجی، م. ۱۳۹۸. ارزیابی اثر میان مدت آبیاری با پساب تصفیه شده بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک. علوم محیطی، ۱۷ (۲): ۶۹-۷۹.

رحیمی، ق.، امرایی، ل. و کیمیایی طلب، ع. ۱۳۹۴. اثر آبیاری با پساب صنعتی بر روند تغییرات برخی فلزات سنگین در خاک و گیاه تربچه (Raphanus Sativus). علوم و فنون کشت های گلخانه ای، ۶ (۲۴): ۱۱-۲۰.

رضایی کهخا، م.، کیخوایی، م.، رضایی، ه. و سنچولی، ج. ۱۳۹۰. بررسی میزان فلزات سنگین در خاک کشاورزی و گیاهان آبیاری شده با فاضلاب شهری. دانشگاه علوم پزشکی زابل، International journal of basic science in medicine ۳ (۲): ۴۳-۵۹.

رضوان مقدم، پ. و میرزائی نجم آبادی، م. ۱۳۸۸. تأثیر نسبت های مختلف آب چاه و فاضلاب تصفیه شده بر خصوصیات مورفولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، سورگوم و ارزن علوفه ای. مجله پژوهش های زراعی ایران، ۷ (۱): ۶۳-۷۵.

سازمان حفاظت محیط زیست. ۱۳۸۲. ضوابط و استانداردهای زیست محیطی، چاپ اول، انتشارات دایره سبز، تهران.

شریعتی، م. ر. ۱۳۷۵. ارزیابی کیفیت شیمیایی فاضلاب و استفاده از آن در آبیاری. مجله آب، خاک و محیط زیست، ۱۰: ۵۱-۵۵.

صیادمنش شیا، س. م.، قاجار سپانلو، م. و بهمنیار، م. ع. ۱۳۹۴. بررسی میزان برخی عناصر سنگین در خاک و گیاه کلزا در مزارع تحت آبیاری با پساب شهرک صنعتی آمل. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۲۹ (۲): ۱۴۱-۱۵۵.

طاهری، م.، علیزاده، ا.، فریدحسینی، ع.، انصاری، ح. ۱۳۹۷. بررسی انتقال نیتزات از پساب تصفیه شده فاضلاب شهری به منظور استفاده مجدد از پساب برای کشت ذرت علوفه ای (مطالعه موردی: تصفیه خانه فاضلاب نیشابور). آب و فاضلاب، ۲۹ (۶): ۱۱۴-۱۲۳.

طبری کوچکسرای، م. و صالحی، آ. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر آبیاری با استفاده از فاضلاب شهری بر تجمع فلزات سنگین در خاک. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۳ (۴): ۴۹-۵۹.

عابدی، م. ج.، نیری، س.، ابراهیمی بیرنگ، ن.، ماهرانی، م.، مهرداد، ن. و خالدی، ه. ۱۳۸۱. استفاده از آب های شور در کشاورزی پایدار. گروه کار سیستم آبیاری در مزرعه، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. نوبت چاپ اول، تهران.

قنبری، ع. ا. ۱۳۹۴. مطالعه مراحل رشد و فنولوژی

- in Isfahan Province. ICID International Workshop on Wastewater Reuse Management. ICID International Workshop on Wastewater Reuse Management. ICID- CIID. September 19-20, 2001. Seoul, Korea.
- APHA. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation, Washington DC.
- Ahmadi A., Mandi L., Loutfi K., El Ghadraoui A., El Mansour T. E., El Kerroumi A. and Ouazzani N. 2020. Agro-physiological responses of Koroneiki olive trees (*Olea europaea* L.) irrigated by crude and treated mixture of olive mill and urban wastewaters. *Scientia Horticulturae*, 263: 101-109.
- El-Khateeb M.A., Arafa A.M., El-dayem A. M. A. and Watfa R.A. 2012. Effect of Sewage Water Irrigation on Macro Nutrients, Heavy Metals and Frequency Percentage of Fungi in Soil Cultivated with Woody Trees. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, 4(2): 177-185.
- FAO. 2010 Guidelines for Interpretation of Water Quality for Irrigation.
- Jeong H., Kim H. and Jang T. 2016. Irrigation Water Quality Standards for Indirect Wastewater Reuse in Agriculture: A Contribution toward Sustainable Wastewater Reuse in South Korea. *MPDI*, 8(4):2-18.
- Irandoost M. and Tabriz A.S. 2017. The effect of municipal wastewater on soil chemical properties. *Solid Earth Discussions*, Feb., 1-13.
- Kim S. M., Park S. W., Lee J. J., Benham B. L. and Kim H. K. 2007. Modeling and assessing the impact of reclaimed wastewater irrigation on the nutrient loads from an agricultural watershed containing rice paddy fields. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 42(3): 305-315.
- Lee C.S. 2012. Multi-objective game-theory models for conflict analysis in reservoir watershed management. *Chemosphere*, 87(6): 608-613.
- Lonigro A., Montemurro N., Rubino P., Vergine P. and ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط آبیاری نرمال و تنش کمبود آب. پژوهش‌های کاربردی زراعی، ۲۸(۱۰۷):۱۹۰-۱۹۹.
- کریم زاده، ح.ر.، رضایی، ر. و مهربانی، ش. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر خاک، پساب و لجن فاضلاب بر برخی ویژگی‌های رویش گیاه قره داغ. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۵(۴): ۸۱-۹۵.
- گلچین، ل.، زهتاب سلماسی، س. و شفق کلوانق، ج. ۱۳۹۳. اثر آبیاری با پساب کارخانه خمیرمایه بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و عملکرد باقلا (*Vicia faba*). اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی (علوم کشاورزی)، ۲۹(۸):۲۹-۳۹.
- لباسچی، م. و شریفی عاشورآبادی، ا. ۱۳۸۳. شاخص‌های رشد برخی گونه‌های گیاهان دارویی در شرایط مختلف تنش خشکی. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۰(۳):۲۴-۲۶۱.
- محمدی، پ. ۱۳۹۴. مروری بر استانداردها و تجارب استفاده از پساب‌ها برای آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- مرادی نسب، و.، شیروانی، م.، شمسایی، م. و بابایی، م. ۱۳۹۴. ارزیابی برخی شاخص‌های کیفیت شیمیایی و بیولوژیکی خاک اراضی فضای سبز مجتمع فولاد مبارکه آبیاری شده با آب چاه و پساب صنعتی. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۱۹(۷۴): ۱۰۱-۱۱۰.
- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور (معاونت نظارت راهبردی، دفتر نظام فنی اجرایی). دفتر استانداردها و معیارهای فنی معاونت آب و آبفای وزارت نیرو. ۱۳۸۹. ضوابط زیست محیطی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پساب‌ها نشریه شماره ۵۳۵، انتشارات معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور.
- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور (معاونت نظارت راهبردی، دفتر نظام فنی اجرایی). دفتر استانداردها و معیارهای فنی معاونت آب و آبفای وزارت نیرو. ۱۳۸۸. راهنمای طبقه‌بندی کیفیت آب خام، پساب‌ها و آب‌های برگشتی برای مصارف صنعتی و تفرجی. انتشارات معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور.
- ولی نژاد، م.، مصطفی زاده، ب. و میرمحمدی میبدی، س. ع. ۱۳۸۱. اثر پساب تصفیه شده شاهین شهر بر خصوصیات زراعی و شیمیایی ذرت تحت سیستم‌های آبیاری بارانی و سطحی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۹(۱): ۱۰۳-۱۱۵.
- Abedi- Koupai J., Afyuni M., Mostafazadeh B and Bagheri M.R. 2001. Influence of Treated Wastewater and Irrigation Systems on Soil Physical Properties

- Poorter H. and Nagel O. 2000 The Role of Biomass Allocation in the Growth Response of Plants to Different Levels of Light, CO<sub>2</sub>, Nutrients and Water: A Quantitative Review. *Australian Journal of Plant Physiology*, 27: 595-607.
- Gee G.W. and Bauder J.W. 1986. Particle-size analysis. In: Klute, A. (Ed), *Methods of Soil Analysis*. Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA. Madison. WI.
- Rhoades J D. 1982. Soluble salinity. In: *Method of soil analysis*, part2. Second edition. ASA and SSSA. Madison, WI.
- Pollice A. 2015. Reuse of treated municipal wastewater for irrigation in Apulia region. *Environmental Engineering and Management*, 14(7): 1665–1674.
- Mohammadi A. , Kouhgardi E. and Maghsoudloo T. 2015. Qualitative Evaluation of Potential Impacts of Effluent of Genaveh Hospital Wastewater Treatment Plant on Soil and Plants . *Environment Conservation Journal*, 16SE: 251-258.
- Nelson D.W., and Somers L.E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter of soil analysis. Part3. *Chemical Methods*. Madision, Wisconsin. USA.



Article Type: Regular article

نوع مقاله: پژوهشی

## Increasing Water Use Efficiency in Mechanized Wheat Cultivation Using in-Furrow Seed Drill in Saline Soils Conditions

A. Reshadsedghi<sup>1\*</sup>, R. Nikanfar<sup>2</sup>

1, 2- Assistant Professor and Research Instructor of Agricultural Technical and Engineering Research Department, East Azarbaijan Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran.

\*(Corresponding Author Email: a.reshadsedghi@areeo.ac.ir)

Received: 05-10-2020

Accepted: 14-01-2020

## افزایش کارایی مصرف آب در کشت مکانیزه گندم با استفاده از خطی کار کف کار در شرایط خاک‌های شور

علی رشاد صدقی<sup>۱</sup>، رامین نیکانفر<sup>۲</sup>

۱، ۲- به‌ترتیب استادیار و مربی پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، ایران.

\*(نویسنده مسئول، E-Mail: a.reshadsedghi@areeo.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۲۵

### Abstract

The use of management strategies to increase the water use efficiency index in agricultural fields is one of the practical options to combat dehydration. Unconventional soils and waters are among the resources that can be used with proper management and full recognition of them. The aim of this study was to introduce the method of planting wheat in furrows 60 cm wide with a linear machine, flooring and furrow irrigation as a suitable alternative to conventional cultivation methods (manual sowing and field irrigation) in saline lands around Lake Urmia. To conduct research, both cultivation and irrigation methods were applied in two plots with saline soil. In each plot, crop yield components, grain yield, irrigating water consumption, water use efficiency, and soil salinity distribution were measured. Results showed that the method of seed planting into irrigation furrow by an in-furrow seed drill and furrow irrigation in saline soils instead of seed broadcasting and flood irrigation has increased seed yield at the rate of 381 kg/ha-1 and reduced water consumption by about 23% and consequently increased water use efficiency in wheat production by about 33%. So, due to the scarcity of agricultural water in the region and excessive water consumption in the flood irrigation method, wheat cultivation by an in-furrow seed drill and furrow irrigation is recommended especially in saline soils.

**Keywords:** Furrow irrigation, Flood irrigation, Salinity, Water consumption, Wheat.

### چکیده

استفاده از راهکارهای مدیریتی برای افزایش شاخص کارایی مصرف آب در مزارع کشاورزی، یکی از گزینه‌های عملی برای مقابله با کم‌آبی به شمار می‌رود. خاک‌ها و آب‌های نامتعارف از جمله منابعی هستند که با مدیریت صحیح و با داشتن شناخت کامل از آنها می‌توانند در کشاورزی مورد استفاده قرار گیرند. هدف از مطالعه حاضر، معرفی روش کاشت گندم در داخل جویچه‌هایی به عرض ۶۰ سانتی‌متر با ماشین خطی کار کف کار و آبیاری شیاری به‌عنوان جایگزینی مناسب برای روش کشت مرسوم منطقه (بذرپاشی دستی و آبیاری کرتی) در شرایط اراضی شور حاشیه دریاچه ارومیه بود. برای اجرای تحقیق هر دو روش کاشت و آبیاری گندم، در دو قطعه زمین با خاک شور پیاده و در هریک از قطعات، اجزای عملکردی محصول، عملکرد دانه، میزان آب مصرفی، کارایی مصرف آب و نحوه توزیع شوری خاک اندازه‌گیری شد. نتایج این بررسی بیانگر آن است که استفاده از روش کاشت گندم در داخل شیار آبیاری توسط خطی کار کف کار و آبیاری شیاری در شرایط خاک‌های شور به‌جای روش کاشت دست‌پاش و آبیاری کرتی، باعث افزایش عملکرد محصول به میزان ۳۸۱ کیلوگرم در هکتار و کاهش میزان مصرف آب تا حدود ۲۳ درصد گردید و پیرو آن کارایی مصرف آب در تولید گندم حدود ۳۳ درصد افزایش یافت. بنابراین باتوجه‌به کمبود آب کشاورزی در منطقه و مصرف بیش‌ازحد آب در روش آبیاری کرتی، روش کاشت گندم با خطی کار کف کار و آبیاری شیاری به‌ویژه در شرایط خاک‌های شور توصیه می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** آبیاری شیاری، آبیاری کرتی، شوری، مصرف آب، گندم.

رشادصدقی و همکاران (۱۳۹۷) در تحقیقی روش‌های کشت مکانیزه گندم با خطی‌کار کف‌کار در داخل جویچه‌های به عرض ۶۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر و روش کاشت با خطی‌کار در زمین هموار (بدون جوی و پشته) را در شرایط خاک و آب شور (به‌ترتیب با هدایت الکتریکی ۱۱/۸ و ۷/۴ دسی‌زیمنس بر متر) از نظر عملکرد محصول، میزان مصرف آب و کارایی مصرف آب مقایسه نمودند. طبق نتایج دوسالانه، روش‌های کاشت در هیچ‌یک از شاخص‌های اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌دار نداشتند. با این حال در سال اول، روش کاشت با کف‌کار در داخل جویچه‌های به عرض ۶۰ سانتی‌متر، حدود ۲۹ درصد کاهش مصرف آب و ۴۰ درصد افزایش کارایی مصرف آب نسبت به روش کاشت با خطی‌کار در زمین هموار را داشت. همچنین میزان شوری خاک بستر بذر پس از آبیاری اول در روش کاشت با کف‌کار در داخل جویچه‌های ۶۰ سانتی‌متری، حدود ۳۷ درصد کمتر از روش‌های دیگر بود.

صلح‌جو و همکاران (۱۳۹۸) تأثیر کشت گندم به‌وسیله خطی‌کار کف‌کار با عرض جویچه‌های ۶۰، ۷۵ و ۱۰۰ سانتی‌متر و کاشت بر روی پشته با خطی‌کار مرسوم را بر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در شرایط شور بررسی کردند. نتایج نشان داد، استفاده از خطی‌کار کف‌کار در اراضی شور پتانسیل کاهش شوری خاک در کف شیار را تا حدود ۵۱ درصد نسبت به روی پشته و ۱۷ درصد نسبت به کنار پشته دارد و باعث افزایش عملکرد محصول (۳۹ درصد) و بهره‌وری آب (۴۵ درصد) نسبت به روش کشت مرسوم می‌شود.

Jin و همکاران (۲۰۱۰) روش کاشت ذرت بر روی پشته را با کاشت در داخل جویچه آبیاری از نظر محتوی رطوبت خاک و عملکرد محصول در شرایط خاک شنی مناطق نیمه‌خشک چین مقایسه کردند. نتایج نشان داد، تغییر وضعیت از کاشت روی پشته به داخل جویچه، به‌طور مستقیم تحت تأثیر بهبود شرایط رطوبت خاک در فصل رشد و به‌طور غیرمستقیم در اثر تحریک اندام‌های جاذب منابع رشد (مثل برگ‌ها و ریشه‌ها) باعث افزایش عملکرد ذرت شدند. مشابه این نتیجه برای کاشت ذرت در شرایط خاک و آب شور به‌ترتیب با هدایت الکتریکی ۹/۳ و ۹/۷۹ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (Kamrani-Manesh و همکاران، ۲۰۱۳).

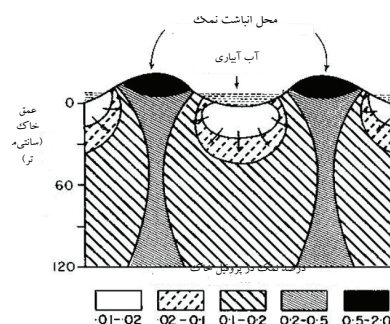
Shabani و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی تأثیر آبیاری با سطوح مختلف شوری آب (۶/۰، ۴/۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) و دو روش کاشت داخل جویچه و کاشت روی پشته بر عملکرد کمی و کیفی کلزا نتیجه گرفتند، روش کاشت در داخل جویچه آبیاری باعث افزایش عملکرد محصول تا ۱۳/۷ درصد و افزایش کارایی مصرف آب به میزان ۱۳/۲ درصد نسبت به روش کاشت روی پشته شد.

افزایش بی‌رویه مصرف آب در بخش کشاورزی منجر به بروز پیامدهایی از جمله افزایش شوری خاک و آب، افزایش آفات و بیماری‌های گیاهی و در نتیجه کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش تولیدات زراعی، دامی، باغی و همچنین کاهش تولیدات در سایر بخش‌های کشاورزی شده که همگی زمینه را برای کاهش درآمد و مهاجرت کشاورزان فراهم آورده و به‌عنوان چالش‌هایی کلی در توسعه بخش کشاورزی مطرح هستند (اصولی و حسینی، ۱۳۸۸).

در ایران شوری یک مسئله فراگیر و محدودکننده تولید پایدار کشاورزی است، به‌طوری‌که بخش وسیعی از مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور خاک شور و سدیمی با درجات مختلف دارد (مؤمنی، ۱۳۸۹). شوری یکی از مشکلات جدی محیطی است که باعث تنش اسمزی و کاهش رشد و عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود. با اصلاح مدیریت مصرف آب از طریق شیوه‌های مناسب آبیاری می‌توان عملکرد محصول را تحت شرایط خاک‌های شور نیز افزایش داد (Abrol و همکاران، ۱۹۸۸؛ Qadir و Oster، ۲۰۰۴).

در خاک‌های شور، پس از آبیاری شیار، نمک خاک کف شیار شسته شده و قسمتی از آن به عمق خاک و قسمتی به‌طرف پشته‌ها حرکت کرده و پس از تبخیر از سطح خاک، در داخل پشته‌ها رسوب می‌کند (Wadleigh و Fireman، ۱۹۴۹؛ Abrol و همکاران، ۱۹۸۸) (شکل ۱). با کاشت بذر در داخل جویچه آبیاری، به دلیل فراهم بودن رطوبت بیشتر در داخل جویچه، کاهش تبخیر از سطح خاک و شستشوی بیشتر نمک خاک از کف جویچه، شرایط مناسبی برای جوانه‌زنی بذر، رشد گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد محصول فراهم می‌شود (Zhang و همکاران، ۲۰۰۷؛ Li و همکاران، ۲۰۱۰).

کارایی مصرف آب<sup>۱</sup> یکی از مهمترین شاخص‌های تولید محصول است. تولید محصول به‌ازای مصرف هر مترمکعب آب به‌عنوان کارایی مصرف آب شناخته می‌شود. استفاده از راهکارهای مدیریتی برای افزایش شاخص کارایی مصرف آب در مزارع کشاورزی، یکی از گزینه‌های عملی برای مقابله با کم‌آبی است.



شکل ۱- جهت جریان و انباشت نمک در آبیاری شیار (Abrol و همکاران، ۱۹۸۸)

Afsharmanesh و Aien (۲۰۱۴) چهار روش جدید برای کاشت یونجه در خاک‌های بسیار شور (۴۰ و ۵۱ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب در عمق ۳۰-۶۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک) ارزیابی کردند که شامل کاشت در گودال‌هایی به ابعاد ۳۰ در ۴۰ سانتی‌متر، خطی‌کاری روی پشته، کاشت در داخل جویچه آبیاری به عرض ۴۰ سانتی‌متر و روش نشاکاری بود. طبق نتایج به‌دست‌آمده بیش‌ترین میزان محصول تر و خشک یونجه با روش کاشت در داخل جویچه و روش کاشت در داخل گودال به‌دست‌آمد. باتوجه‌به نیمه متحمل بودن گندم به شوری و اهمیت آن در سبد خانوارهای ایرانی، بیش‌ترین تحقیقات شوری انجام‌شده در ایران بر روی گندم و پس از آن کلزا، حبوبات و برنج بود (رنجبر و پیراسته انوشه، ۱۳۹۴).

این تحقیق با هدف ارائه روشی مناسب برای افزایش کارایی مصرف آب در کشت گندم در شرایط اراضی شور حاشیه دریاچه ارومیه و در قالب پروژه تحقیقی-ترویجی به اجرا درآمد. روش پیشنهادی شامل مجموعه فنون خاک‌ورزی حفاظتی، تسطیح مکانیزه زمین قبل از کاشت، کاشت بذور در داخل جویچه آبیاری به عرض ۶۰ سانتی‌متر و آبیاری شیاری بود و با روش کشت مرسوم به‌صورت خاک‌ورزی مرسوم با گاواهن برگردان‌دار و دیسک، کرت بندی زمین، کاشت دست‌پاش و آبیاری کرتی به‌عنوان تیمار شاهد مقایسه شد.

#### مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها از مهرماه سال ۱۳۹۷ به مدت یک سال زراعی در روستای مرجانلو از توابع شهر ایلخچی به‌ترتیب با طول و عرض جغرافیایی ۴۵/۹۱۲ درجه شرقی و ۳۷/۹۴۱ درجه شمالی در حوضه آبریز شرق دریاچه ارومیه، برای کشت گندم در شرایط خاک شور در محدوده شوری زیاد (۶ تا ۸ دسی‌زیمنس بر

متر) به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- روش کشت مکانیزه با ترکیب عملیات خاک‌ورزی حفاظتی و تسطیح اولیه زمین+ کاشت مکانیزه بذر در داخل جویچه آبیاری+ آبیاری شیاری، ۲- روش کشت مرسوم، با ترکیب عملیات خاک‌ورزی مرسوم + کرت بندی زمین + کاشت بذر به‌صورت دست‌پاش + آبیاری کرتی بود.

برای اجرای آزمایش قطعه زمینی به وسعت حدود ۱۲۰۰۰ مترمربع و دارای بقایای گیاهی کلزا انتخاب شد و براساس شکل و ابعاد زمین زراعی، قسمتی از زمین با مساحت ۵۹۰۰ مترمربع در ابعاد ۳۲×۱۸۴ متر برای پیاده‌سازی تیمار کشت مکانیزه و قسمت دیگر آن با مساحت ۵۸۰۰ مترمربع در ابعاد ۳۲×۱۸۱ متر برای تیمار کشت مرسوم (تیمار شاهد) اختصاص یافت. در قطعه زمین تیمار کشت مکانیزه، عملیات آماده‌سازی زمین به‌صورت شخم با خاک‌ورز حفاظتی به عمق ۲۰ سانتی‌متر و تسطیح با لولر<sup>۲</sup> و در قطعه زمین تیمار شاهد، به‌صورت شخم با گاواهن برگردان‌دار به عمق ۲۰-۲۵ سانتی‌متر و پس‌از آن عملیات دیسک زنی انجام گرفت. عملیات کوددهی طبق توصیه کارشناس بخش تحقیقات خاک و آب و براساس نتایج آزمایش اولیه خاک (جدول ۱)، به میزان ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در سه نوبت (هنگام کاشت، در زمان تکمیل پنجه‌زنی و در زمان خوشه‌دهی)، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد گرانول همراه با کود دامی پوسیده به میزان ۱۰ تن در هکتار، هم‌زمان با عمل کاشت انجام شد. قبل از کاشت به‌منظور جذب بهتر فسفر خاک و کمک به رشد اولیه گیاه، بذور گندم (رقم میهن) با کود زیستی فسفر (فسفازیت)، به میزان ۱ کیلوگرم به ازای ۱۰۰ کیلوگرم بذر آغشته (بذرمال) شد. نتایج آزمایش آب آبیاری که منبع آن چاه بود، نشان می‌دهد آب مورد استفاده در محدوده شوری قرار داشت (جدول ۲).

جدول ۱- نتایج آزمایش خاک مزرعه آزمایشی

| بافت خاک | عمق (سانتی‌متر) | هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) | اسیدیته گل اشباع | مواد خنثی‌شونده (درصد) | کربن آلی (درصد) | فسفر (پی‌پی‌ام) | پتاسیم (پی‌پی‌ام) | درصد ذرات خاک رس | سیلت | شن |
|----------|-----------------|-----------------------------------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------|------|----|
| لوم رسی  | ۰-۳۰            | ۶/۲۵                              | ۷/۸۵             | ۱۶/۷۵                  | ۰/۷۶            | ۱۶/۱            | ۴۱۱               | ۲۸               | ۴۲   | ۳۰ |

جدول ۲- نتایج آزمایش آب آبیاری

| کربنات                                              | بیکربنات                                            | کلر                                   | سولفات                                              | Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> (meql <sup>-1</sup> ) | سدیم Na <sup>+</sup> (meql <sup>-1</sup> ) | نسبت جذب سدیم S.A.R. | EC (μS/cm) | pH  | کل مواد جامد TDS (mg l <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------|------------|-----|----------------------------------------|
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (meql <sup>-1</sup> ) | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meql <sup>-1</sup> ) | Cl <sup>-</sup> (meql <sup>-1</sup> ) | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (meql <sup>-1</sup> ) |                                                          |                                            |                      |            |     |                                        |
| ۰/۰                                                 | ۴/۸                                                 | ۱۸/۵                                  | ۲۰                                                  | ۲۰                                                       | ۲۲/۸                                       | ۷/۲                  | ۴۲۵۰       | ۷/۵ | ۲۷۳۲                                   |





شکل ۲- خطی کار کف کار ۲۰ ردیفه برای کاشت در داخل شیار آبیاری

کارنده مورد استفاده در تیمار کشت مکانیزه، ماشین کاشی اراضی شور (کف کار) مدل INTEGRA ۳۰۲۰ ساخت شرکت ماشین برزگر همدان بود (شکل ۲). این نوع خطی کار در فرآیند انتقال بذر و کود از مخزن به بستر بذر ساختاری مشابه سایر بذرکارهای متداول دارد ولی با الحاق تعداد ۵ جوی و پشته ساز<sup>۲</sup> مخصوص باعث ایجاد جویچه‌هایی با عرض (فاصله) مرکز به مرکز پشته) ۶۰ سانتی‌متر شده و بذر و کود را به صورت حجمی روی چهار ردیف به فواصل ۱۰ سانتی‌متر در داخل جویچه‌ها کشت می‌نماید.

براساس توصیه بخش تحقیقات زراعی و باغی استان در شرایط خاک شور، ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار (۵۰۰ دانه در مترمربع) تعیین شد. در طول دوره رشد محصول، عملیات داشت از قبیل دادن کود سرک و آبیاری انجام گرفت. به دلیل پوشش مناسب محصول و عدم آفت‌زدگی، از سموم علف‌کش و آفت‌کش استفاده نشد.

در ۲۴ مهر ماه، عملیات کاشت در قطعه زمین تیمار کشت مکانیزه به روش کاشت در داخل جویچه با خطی کار کف کار و آبیاری شیار و در قطعه زمین تیمار شاهد به روش کاشت مرسوم به صورت کرت بندی زمین و سپس بذرپاشی دستی و آبیاری کرتی انجام گرفت (شکل ۳ و ۴). میزان مصرف بذر گندم



شکل ۳- روش آبیاری شیار (تصویر راست) و آبیاری کرتی (تصویر چپ)



شکل ۴- کاشت گندم به وسیله ماشین کف کار (تصویر راست) و روش کاشت مرسوم در داخل کرت (تصویر چپ)

میزان آب آبیاری مزرعه تیمار کشت مکانیزه در هر نوبت براساس تعیین نیاز آبی گیاه محاسبه و اعمال شد و آبیاری ادامه می‌یافت تا زمانی که آب به انتهای مزرعه برسد. برای محاسبه نیاز آبی از نرم‌افزار

طول ردیف‌های کاشت در تیمار کشت مکانیزه ۱۸۰ متر بود، برای آبیاری مزرعه در هر ۶۰ متر از طول ردیف یک نهر عرضی ایجاد شد و ردیف‌های ۶۰ متری به صورت متوالی آبیاری می‌شدند.

کراپ وات (Cropwat) و داده‌های روزانه هواشناسی استفاده شد. مزرعه شاهد توسط خود زارع و به روش مرسوم آبیاری شده و در این تیمار، فقط میزان آب داده‌شده اندازه‌گیری شد. برای بررسی یکنواختی پخش آب در شیارهای آبیاری، براساس میزان آب موجود و با استفاده از نرم‌افزار WinSRFR تعداد شیارهایی که هم‌زمان باید آبیاری شوند تعیین و سپس منحنی‌های پیشروی و پس‌روی در آبیاری‌های اول و دوم ترسیم شدند. به دلیل بارندگی مناسب در فصل بهار، از تاریخ کاشت تا برداشت محصول، سه نوبت آبیاری (زمان کاشت، خوشه‌دهی و دانه‌بندی) انجام گرفت.

برای ارزیابی و مقایسه تیمارها، کمیت‌های عملکرد و اجزای عملکرد محصول، میزان مصرف آب و کارایی مصرف آب در هر یک از دو قطعه تیمار کشت مکانیزه و کشت مرسوم به شرح ذیل اندازه‌گیری شد: -اجزای عملکرد گندم:

در زمان رسیدگی محصول (۳۰ تیرماه)، با قرار دادن تصادفی کادری به ابعاد  $0.5 \times 1$  متر در هشت محل از هر کرت آزمایشی، بوته‌های گندم داخل کادر را کف بری کرده و اجزاء عملکرد محصول شامل شاخص برداشت<sup>۴</sup>، تعداد سنبله در هر بوته، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد.

- شاخص برداشت:

برای اندازه‌گیری شاخص برداشت، در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی محصول، بوته‌های گندم داخل کادر نیم مترمربع از هر کرت کف برشده و با استفاده از رابطه (۱)، شاخص برداشت محاسبه شد:

$$HI = EY / BY \times 100 \quad (1)$$

که در آن، HI، شاخص برداشت، EY عملکرد اقتصادی<sup>۵</sup> (دانه گندم) و BY، عملکرد بیولوژیکی<sup>۶</sup> (وزن کل ماده خشک اندام‌های هوایی گیاه، شامل دانه، ساقه و کاه و کلش) هستند.

-عملکرد محصول:

محصول هر کرت آزمایشی به تفکیک توسط ماشین دروگر با فاه‌بند<sup>۷</sup> (موور بایندر) برداشت و سپس خرمن‌کوبی شد. با توزین دانه‌های برداشت‌شده، عملکرد محصول در هکتار برای تیمار و شاهد، جداگانه محاسبه شد.

-میزان مصرف آب:

برای اندازه‌گیری دبی جریان آب از یک دستگاه WSC فلوم تیپ ۵ در نهر اصلی استفاده شد. در هر دور آبیاری، میزان آب مورد نیاز باتوجه‌به دبی اندازه‌گیری شده و حداقل مدت‌زمانی که آب به انتهای شیارها در تیمار مکانیزه و کرت‌ها در تیمار شاهد برسد، محاسبه و اعمال شد. لازم به توضیح است که در اکثر مزارع استان آذربایجان شرقی انتهای قطعات زراعی بسته می‌باشد.

-کارایی مصرف آب:

پس از تعیین میزان عملکرد دانه و میزان مصرف آب هر قطعه آزمایشی، کارایی مصرف آب (WUE) برحسب کیلوگرم محصول

بر مترمکعب آب مصرفی از طریق رابطه (۲) محاسبه شد.

$$WUE = Y / W_C \quad (2)$$

که در آن:  $W_C$  میزان مصرف آب برحسب مترمکعب در هکتار با احتساب میزان آب قابل استحصال از بارش‌ها در طول دوره رشد و  $Y$  عملکرد محصول برحسب کیلوگرم در هکتار است. برای محاسبه کارایی مصرف آب لازم بود که کل آب مصرفی اعم از آب آبیاری و بارش‌های مؤثر برآورد شود. در این تحقیق طبق روش محاسبه بارندگی مؤثر در نرم‌افزار کراپ وات،  $0.8$  مجموع بارندگی‌های بالای  $10$  میلی‌متر هرماه به‌عنوان بارش مؤثر آن ماه منظور شده است.

-توزیع شوری خاک:

برای بررسی چگونگی توزیع شوری خاک پس از برداشت محصول، از خاک کف شیارهای آبیاری و روی پشته در قطعه تیمار و قطعه شاهد هرکدام در چهار نقطه به‌طور تصادفی به عمق  $30$  و  $60$  سانتی‌متر نمونه‌برداری و میزان هدایت الکتریکی (EC) خاک با استفاده از روش عصاره اشباع در آزمایشگاه تعیین شد. با عنایت به اینکه هدف از این آزمایش معرفی و ترویج روش جدید کشت به زارعین در قالب طرح تحقیقی-ترویجی بود، عملیات زراعی صرفاً در دو قطعه زمین به‌عنوان تیمار و شاهد انجام شده است. بنابراین برای مقایسه کمیت‌های عملکرد محصول، میزان مصرف آب و کارایی مصرف آب به دلیل نبود تکرار آزمایشی، آنالیز آماری صورت نگرفت. برای مقایسه میانگین داده‌های اجزای عملکردی محصول با استفاده از نرم‌افزار SPSS از آزمون  $t$  به روش نمونه‌های جفتی مستقل استفاده شد.

## نتایج و بحث

نتایج مقایسه میانگین اجزای عملکردی گندم تیمار کشت مکانیزه با خطی‌کار کف‌کار و تیمار کشت مرسوم (شاهد) به روش آزمون  $t$  (۸ نمونه جفتی مستقل) در جدول (۳) ارائه شده است. از نظر تعداد بوته در واحد سطح و تعداد سنبله در هر بوته بین دو تیمار اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. باتوجه‌به فاصله  $10$  سانتی‌متر بین ردیف کاشت و توزیع یکنواخت بذر در تیمار کاشت با کف‌کار، تراکم بوته نسبت به تیمار کاشت مرسوم که به‌صورت دست‌پاش انجام شده است، بسیار بیش‌تر بود اما تراکم زیاد بوته‌ها باعث شد تا تعداد سنبله هر بوته (حجم بوته) در تیمار کاشت با کف‌کار نسبت به کشت مرسوم بسیار کمتر شود. از نظر تعداد دانه در سنبله، تیمار کشت مکانیزه شرایط بهتری نسبت به کشت مرسوم داشت اما اختلاف آنها در سطح احتمال  $5$  درصد معنی‌دار نبود. کمیت‌های وزن هزار دانه و شاخص برداشت، اختلاف معنی‌دار نداشتند.



جدول ۳- مقایسه میانگین اجزای عملکردی گندم به روش آزمون t (نمونه‌های جفتی مستقل)

| اجزای عملکردی گندم | واحد           | درجه آزادی d.f. | شاخص آماری t         | تیمار       | شاهد         |
|--------------------|----------------|-----------------|----------------------|-------------|--------------|
| تعداد بوته         | عدد در مترمربع | ۱۴              | ۳۳/۷۱۲**             | ۷۳±۳/۳۵۷    | ۱۸±۳/۱۵۱     |
| تعداد سنبله        | عدد در بوته    | ۱۴              | -۸/۴۹۷**             | ۳±۰/۵۳۴     | ۷/۷۵±۱/۴۸۸   |
| تعداد دانه         | عدد در سنبله   | ۱۴              | ۱/۹۵۱ <sup>ns</sup>  | ۴۶/۶۲±۸/۸۹۵ | ۴۰±۳/۶۲۵     |
| وزن هزار دانه      | گرم            | ۱۴              | -۱/۶۳۳ <sup>ns</sup> | ۳۱/۹۰±۲/۸۹۷ | ۳۴/۵۰±۳/۴۴۱  |
| شاخص برداشت        | درصد           | ۱۴              | ۰/۵۴۵ <sup>ns</sup>  | ۴۳/۱۲±۳/۷۹۹ | ۴۰/۹۲±۱۰/۷۷۰ |

\*: اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال ۱٪، ns: عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪.

مقدار بارندگی ماهانه و بارش مؤثر در طول دوره رشد محصول در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول ۴- برآورد میزان بارندگی مؤثر

| ماه      | میزان بارندگی (میلی‌متر) | بارندگی مؤثر (میلی‌متر)* |
|----------|--------------------------|--------------------------|
| آبان     | ۲۰                       | ۱۶                       |
| آذر      | ۸۴/۴                     | ۶۷/۵۲                    |
| دی       | ۲۵/۴                     | -                        |
| بهمن     | ۵۰/۵                     | -                        |
| اسفند    | ۴۳/۵                     | -                        |
| فروردین  | ۹۳                       | ۷۴/۴                     |
| اردیبهشت | ۲۳                       | ۱۸/۴                     |
| جمع کل   | ۳۴۵/۳                    | ۱۷۶/۳۲                   |

\*: در طی ماه‌های زمستان، بارش مؤثر اعمال نشده است.

میزان عملکرد دانه در تیمار مکانیزه و شاهد به ترتیب ۳۴۲۳ و

۳۰۴۲ کیلوگرم در هکتار و مجموع میزان آب مصرفی در سه نوبت آبیاری با احتساب بارندگی مؤثر، برای تیمار مکانیزه و شاهد به ترتیب ۴۴۹۲ و ۵۲۹۹ مترمکعب در هکتار اندازه‌گیری شد. کارایی مصرف آب در تیمار مکانیزه و شاهد به ترتیب ۰/۷۶۲ و ۰/۵۷۴ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد (جدول ۵). در مزرعه شاهد میزان آب آبیاری براساس نیاز آبی محاسبه نشده و صرفاً مقدار آبی که توسط زارع به مزرعه داده شده است، اندازه‌گیری و در جدول (۵) ارائه شده است. با فرض اینکه میزان آب برآورد شده براساس نیاز آبی گیاه و اعمال شده در مزرعه تیمار مکانیزه نیاز خالص آبیاری باشد، با تقسیم میزان آب آبیاری اعمال‌شده در مزرعه تیمار مکانیزه به میزان آب داده‌شده در مزرعه شاهد، راندمان کاربرد آب آبیاری<sup>۱</sup> در مزرعه به میزان ۷۷ درصد محاسبه شد.

از نظر یکنواختی توزیع آب در شیارهای آبیاری، منحنی‌های پیشروی و پسروی در آبیاری اول و دوم نشان داد، بر اثر تسطیح اولیه زمین با لولر در کشت مکانیزه، جبهه آب در شیارهایی که همزمان آبیاری می‌شدند، آب تقریباً به‌طور همزمان به انتهای شیارها رسید.

جدول ۵- میزان عملکرد و آب مصرفی و کارایی مصرف آب در تیمارهای کشت مکانیزه و کشت مرسوم

| تیمارهای آزمایشی | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | میزان آب ورودی به مزرعه (مترمکعب در هکتار) | کارایی مصرف |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|-------------|
| کشت مکانیزه      | ۳۴۲۳                           | ۹۲۲/۸۸                                     | ۰/۷۶۲       |
| کشت مرسوم (شاهد) | ۳۰۴۲                           | ۱۳۶۵/۹۲                                    | ۰/۵۷۴       |

کشت مرسوم که به‌صورت کرتی آبیاری شده حدود ۱۶ درصد بیشتر از روش کاشت با کف‌کار بود. همانطور که قبلاً ذکر شد، پس از آبیاری شیار، نمک خاک کف شیار شسته شده و قسمتی از آن به عمق خاک و قسمتی به‌طرف پشت‌ها حرکت

در بررسی توزیع شوری خاک پس از برداشت محصول (جدول ۶ و شکل ۵)، نتایج نشان داد، میزان شوری خاک در هر دو تیمار در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر نسبت به عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک کمتر بود. شوری خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متر در روش

کرده و پس از تبخیر از سطح خاک، در داخل پشته‌ها رسوب می‌کند (Wadleigh و Fireman، ۱۹۴۹؛ Abrol و همکاران، ۱۹۸۸) اما در آبیاری کرتی که پشته‌ای وجود ندارد، جهت انتقال آب و نفوذ نمک خاک بیشتر به سمت عمق خاک است.

احتمالا تجمع بیشتر نمک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک در روش کشت مرسوم به این دلیل بوده است. نتایج تحقیق رشادصدقی و همکاران (۱۳۹۷) و صلح‌جو و همکاران (۱۳۹۸) این موضوع را تأیید می‌کند.

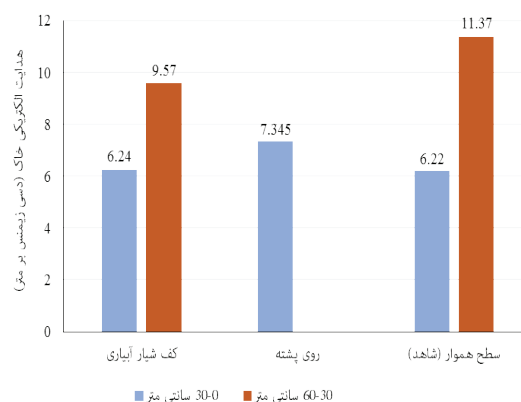
جدول ۶- توزیع شوری خاک (هدایت الکتریکی برحسب دسی زیمنس بر متر) در مزرعه تیمارکشت مکانیزه و تیمار شاهد

| نمونه خاک    | کف شیار آبیاری     |                     | روی پشته           |                     | سطح هموار (شاهد)   |                     |
|--------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
|              | عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر | عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متر | عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر | عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متر | عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر | عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متر |
| ۱            | ۴/۸۳               | ۶/۱۴                | ۶/۶۵               | -                   | ۴/۴۳               | ۵/۱۶                |
| ۲            | ۵/۱۳               | ۶/۹                 | ۶/۹۶               | -                   | ۵/۳۱               | ۸/۴۸                |
| ۳            | ۷/۲                | ۱۲/۸۷               | ۷/۲۳               | -                   | ۹/۳۸               | ۱۷/۱                |
| ۴            | ۷/۸                | ۱۲/۳۷               | ۸/۵۴               | -                   | ۵/۷۷               | ۱۴/۷۶               |
| میانگین      | ۶/۲۴               | ۹/۵۷                | ۷/۳۴               | -                   | ۶/۲۲               | ۱۱/۳۷               |
| انحراف معیار | ۱/۴۸               | ۳/۵۴                | ۰/۸۳               | -                   | ۲/۱۸               | ۵/۵۱                |

از تلفات آب به‌صورت نفوذ عمقی به اعماق زمین شده است، میزان مصرف آب آبیاری به میزان ۲۳ درصد کاهش یافته و به‌تبع آن، کارایی مصرف آب حدود ۳۳ درصد نسبت به روش مرسوم افزایش داشته است. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج رشادصدقی و همکاران (۱۳۹۷) و صلح‌جو و همکاران (۱۳۹۸) مطابقت دارد.

### نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد استفاده از روش تسطیح زمین قبل از کاشت و کاشت گندم در داخل شیار آبیاری توسط خطی‌کار کف‌کار و آبیاری شیاری در شرایط خاک‌های شور به‌جای روش کاشت دست‌پاش بدون تسطیح اولیه زمین و آبیاری کرتی، باعث افزایش عملکرد محصول به میزان ۳۸۱ کیلوگرم در هکتار شده و میزان مصرف آب را ۲۳ درصد کاهش داده است، که پیرو آن کارایی مصرف آب در تولید گندم تا حدود ۳۳ درصد افزایش یافته است. پشته‌های کم‌عرض ایجادشده توسط خطی‌کار کف‌کار علاوه‌بر کمک به هدایت و انتقال سریع‌تر آب آبیاری به انتهای زمین، قسمتی از نمک شسته شده را در خود ذخیره کرده و شرایط بهتری برای رشد گیاه کاشته شده در کف شیار فراهم می‌کنند. بنابراین باتوجه‌به کمبود آب کشاورزی در منطقه و مصرف بیش‌ازحد آب در روش آبیاری کرتی، روش کاشت گندم با خطی‌کار کف‌کار و آبیاری شیاری در منطقه به‌ویژه در شرایط خاک‌های شور توصیه می‌شود.



شکل ۵- توزیع شوری خاک در عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر در شرایط مختلف تیمارها

در روش کاشت مکانیزه با خطی‌کار کف‌کار و آبیاری شیاری به علت یکنواختی در توزیع بذور و عمق کاشت (در کاشت به روش دست‌پاش، بذور ممکن است پس از پوشاندن با خاک، در عمق‌های مختلف خاک قرار گیرند) و کاهش نسبی شوری خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری، شرایط بهتری برای رشد گیاه فراهم شده و در نتیجه عملکرد دانه گندم به میزان ۳۸۱ کیلوگرم در هکتار نسبت به روش مرسوم افزایش یافته است. همچنین به علت تسطیح اولیه زمین در روش مکانیزه و وجود شیارهای آبیاری که باعث انتقال سریع‌تر آب به انتهای زمین شده و مانع

- the new planting methods for cultivation of alfalfa cultivars in highly saline soils. *International Journal of Farming and Allied Sciences.*, 3(8): 935-939.
- Jin Y.H., Zhou D.W. and Jiang S.C. 2010. Comparison of soil water content and corn yield in furrow and conventional ridge sown systems in a semiarid region of China. *Agricultural Water Management.* 97(2): 326-332.
- Kamrani-Manesh A., Armin M. and Jami Moeini M. 2013. The effect of sulfur application on yield components of corn in two different planting methods in saline conditions. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(7): 1474-1478.
- Li Q.Q., Zhou X.B., Chen Y.H. and Yu S. L. 2010. Grain yield and quality of winter wheat in different planting patterns under deficit irrigation regimes. *Plant Soil Environ*, 56(10): 482-487.
- Qadir M., Oster J.D. 2004. Crop and irrigation management strategies for saline-sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture. *Science of the Total Environment*, 323(1-3): 1-19.
- Shabani A., Sepaskhah A.H. and Kamgar-Haghighi A.A. 2013. Responses of agronomic components of rapeseed (*Brassica napus* L.) as influenced by deficit irrigation, water salinity and planting method. *International Journal of Plant Production*, 7(2): 313-340.
- Wadleigh C.H. and Fireman M., 1949. Salt distribution under furrow and basin irrigated cotton and its effect on water removal. *Soil Science Society of America Proceeding*, 13: 527-530.
- Zhang J., Sun J., Duan A., Wang J., Shen X. and Liu X. 2007. Effects of different planting patterns on water use and yield performance of winter wheat in the Huang-Huai-Hai plain of China. *Agricultural Water Management*, 92: 41-47.

- 1-Water use efficiency
- 2-Leveler (ماشین تسطیح زمین)
- 3-Furrower
- 4-Harvest index
- 5-Economic yield
- 6-Biological yield
- 7-Reaper binder
- 8-Irrigation application efficiency

## منابع

- اصولی، ن. و حسینی، س. م. ۱۳۸۸. کمبود آب، چالش پیش روی توسعه بخش کشاورزی. سومین کنگره علوم ترویج و آموزش کشاورزی. انجمن ترویج و آموزش کشاورزی ایران، مشهد.
- رشادصدقی، ع.، ناصری، ا. و محمدی قرمزگلی، خ. ۱۳۹۷. مقایسه روش‌های کاشت مکانیزه گندم در خاک‌های شور. گزارش پژوهشی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
- رنجبر، غ. و پیراسته انوشه، ه. ۱۳۹۴. نگاهی به تحقیقات شوری در ایران با تأکید بر بهبود تولید گیاهان زراعی. *مجله علوم زراعی ایران*, ۱۷(۲): ۱۶۵-۱۷۸.
- صلح‌جو، ع.ا.، دهقانان، ا.، پرویزی، ع.، غیاثی، ع.، علوی منش، م. و بهارلو، ا. ۱۳۹۸. بررسی اثر عرض جویچه‌سازها در خطی‌کار کف‌کار بر عملکرد گندم و بهره‌وری مصرف آب. گزارش پژوهشی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
- مؤمنی، غ. ۱۳۸۹. پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری منابع خاک ایران. *مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)*, ۲۴(۳): ۲۰۳-۲۱۵.
- Abrol I.P., Yadav J.S.P. and Massoud F.I. 1988. Salt-Affected Soils and their Management. F.A.O. Soils Bulletin 39. Rome.
- Afsharmanesh, G. and Aien, A. 2014. Introducing

## Investigation of crop cultivation pattern of Semnan and Ilam provinces by emphasizing the role of virtual water in water productivity

R. Pouran<sup>1\*</sup>, H. Raghfar<sup>2</sup>

1, 2- Ph.D. and Professor, Economics Department, Al-Zahra University, Iran.

\*(Corresponding Author Email: pouran.roghaye@gmail.com)

Received: 26-09-2020

Accepted: 31-01-2021

## بررسی الگوی کشت محصولات زراعی استان‌های سمنان و ایلام با تأکید بر نقش آب مجازی در بهره‌وری آب

رقیه پوران<sup>۱\*</sup>، حسین راغفر<sup>۲</sup>

۱، ۲- به‌ترتیب دکتری اقتصاد توسعه و استاد گروه اقتصاد، دانشگاه الزهرا، ایران.

\*(نویسنده مسئول، E-Mail: pouran.roghaye@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۲

### Abstract

Along with global warming and declining freshwater resources, a new approach to improving the water productivity of agricultural products focuses on the role of virtual water in agricultural products; So that the production pattern based on the goal of maximizing water productivity gradually replaces the traditional patterns based on the goal of maximizing production and performance. In this study, using TOPSIS algorithm, the cultivation pattern obtained from optimization with the aim of maximizing the water productivity of selected crops was compared with the common cultivation pattern obtained from the goal of maximizing profits in Semnan and Ilam provinces. The results of reviewing and ranking the crops in the above two cultivation patterns show that in both provinces, the values of crop proximity coefficient in the optimal cultivation pattern are relatively higher than the current cultivation pattern. In other words, under the same conditions (i.e., planting area stable, crop prices and average cost of production), the cultivation pattern obtained from the goal of maximum water productivity in the studied provinces is in a better situation compared to the cultivation pattern obtained from profit maximization.

**Keywords:** TOPSIS Algorithm, Virtual Water, Water Productivity.

### چکیده

به موازات گرم‌تر شدن کره زمین و کاهش منابع آب شیرین، رویکرد نوین برای ارتقاء بهره‌وری آب محصولات کشاورزی معطوف به نقش آب مجازی نهفته در محصولات کشاورزی است؛ به‌طوری‌که الگوی تولید مبتنی بر هدف حداکثرسازی بهره‌وری آب به تدریج جایگزین الگوهای سنتی مبتنی بر هدف حداکثرسازی بر مبنای تولید و عملکرد می‌شوند. در این مطالعه با استفاده از الگوریتم تاپسیس، الگوی کشت حاصل از بهینه‌سازی با هدف حداکثرسازی بهره‌وری آب محصولات زراعی منتخب با الگوی کشت رایج حاصل از هدف حداکثرسازی سود در استان‌های سمنان و ایلام مقایسه شد. نتایج حاصل از بررسی و رتبه‌بندی محصولات در دو الگوی کشت فوق نشان می‌دهد، در هر دو استان مقادیر ضریب نزدیکی محصولات در الگوی کشت بهینه نسبتاً بالاتر از الگوی کشت فعلی است. به عبارت دیگر، تحت شرایط یکسان (یعنی ثابت ماندن سطح زیرکشت، قیمت محصولات و هزینه متوسط تولید) الگوی کشت حاصل از هدف حداکثر بهره‌وری آب در استان‌های مورد بررسی، در مقایسه با الگوی کشت حاصل از حداکثرسازی سود وضعیت بهتری دارد.

**واژه‌های کلیدی:** الگوریتم تاپسیس، آب مجازی، بهره‌وری آب.



و طالبی، ۱۳۹۲). براساس آخرین آمار و اطلاعات بخش کشاورزی ایران، ۹۰/۹ درصد تولیدات زراعی کشور تولیدات آبی است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷).

از طرف دیگر، در سال‌های اخیر در کنار مدیریت عرضه (تأمین منابع آب)، مسئولان و برنامه‌ریزان حوزه آب، مدیریت تقاضا و حفظ منابع آبی را در دستور کار قرار داده‌اند. به‌نحوی که در حوزه مدیریت جدید (تقاضای آب) مفاهیم جدیدی نظیر «ردپای آب» (water footprint) و «آب مجازی» (virtual water) ارائه شده است. در داخل کشور نیز، مطالعات مختلفی در این خصوص انجام شده است. پوران و همکاران (۱۳۹۶) ضمن در نظر گرفتن بحث «آب مجازی» و محتوی آب محصولات به اشکال «آب سبز»، «آب آبی» و «آب خاکستری»، ارزش اقتصادی آب مجازی محصولات کشاورزی با رویکرد حداکثرسازی بهره‌وری آب را محاسبه کردند و الگوی کشت بهینه محصولات مورد مطالعه را براساس دو هدف حداکثرسازی سود (آنچه در حال حاضر در میان کشاورزان مرسوم است) و حداکثرسازی بهره‌وری آب استخراج نمودند.

با عنایت به مباحث فوق، این سؤال در ذهن ایجاد می‌شود که آیا الگوی کشت محصولات زراعی هم‌راستا با هدف حداکثرسازی بهره‌وری آب و اولویت‌بخشی به تولید محصولات دارای آب‌بری کمتر است؟ هدف مطالعه حاضر مقایسه و اولویت‌بندی الگوی کشت حاصل از حداکثرسازی بهره‌وری آب متأثر از محتوی آب محصولات و الگوی کشت فعلی و سنتی کشاورزان، با استفاده از الگوریتم تاپسیس است.

نشان می‌دهد با مصرف هر مترمکعب آب، چند کیلوگرم محصول به‌دست می‌آید.

$$CPD=Q/W \quad (1)$$

کاربرد این شاخص در مقایسه بیرونی یا بین‌منطقه‌ای (بین مزارع) و مقایسه درونی (روند زمانی) منابع آبی است (احسانی و خالدي، ۱۳۸۱). نوع دیگری از شاخص‌ها به جنبه اقتصادی و پولی بهره‌وری توجه دارند. بر این اساس، شاخص بهره‌وری اقتصادی (BPD)<sup>۲</sup> عبارت است از ارزش یا سود ناخالص به ازای هر واحد آب و با استفاده از رابطه (۲) از تقسیم ارزش پولی تولید ناخالص (GR) بر میزان آب مصرفی برحسب مترمکعب (W) به‌دست می‌آید.

$$BPD=GR/W \quad (2)$$

این شاخص نشان می‌دهد، هر واحد آبی که مصرف شده در نهایت، پس از کسر هزینه‌های عملیاتی چه میزان ارزش پولی ایجاد کرده است. بنابراین، در تحلیل‌های اقتصادی بر شاخص بهره‌وری فیزیکی برتری دارد (اشراقی و قاسمیان، ۱۳۹۱).

تخمین زده شده است که در ۴۰ سال آینده، تولید مواد غذایی در کشورهای توسعه‌یافته ۶۰ درصد و کشورهای در حال توسعه ۱۰۰ درصد افزایش می‌یابد (Alexandratos و Bruinsma، ۲۰۱۲). در این راستا، استراتژی‌های اساسی برای تأمین نیازهای غذایی آینده عبارتند از: کاهش شکاف عملکرد موجود، افزایش بهره‌وری آب و استفاده کارآمد از منابع طبیعی دیگر؛ جلوگیری از تخریب زمین، کاهش ضایعات و اتلاف مواد غذایی، و اتخاذ رژیم‌های غذایی پایدارتر. باتوجه به روند افزایش جمعیت و تلاش برای تأمین نیازهای غذایی رو به افزایش آنها، مطالعات مختلفی در جهان روند افزایش مصرف آب‌های شیرین و کاهش حجم آب‌های زیرزمینی نشان داده است (Steduto و همکاران، ۲۰۱۲؛ Foley و همکاران، ۲۰۱۱).

عواملی نظیر پایین بودن متوسط بارندگی کشور نسبت به متوسط جهانی (نظری‌پور و همکاران، ۱۳۹۱)، بالاتر بودن متوسط پتانسیل تبخیر سالیانه کشور نسبت به متوسط جهانی، اقلیم خشک و رشد سریع جمعیت (حسینی و همکاران، ۱۳۸۷) از عوامل مهم اثرگذار بر کاهش سرانه آب تجدیدشونده کشور در طول چند دهه اخیر بوده است. به‌طوری‌که سرانه منابع آب تجدیدپذیر کشور در سال ۱۳۹۸ حدود ۱۳۰۰ مترمکعب است (دفتر مطالعات پایه منابع آب کشور، ۱۳۹۹) و براساس شاخص فالکن‌مارک (Falkenmark Index) کشور ایران به مرحله تنش آبی رسیده است (شاهدی

## ادبیات موضوع

### ۱- ادبیات نظری

مفهوم بهره‌وری آب (Water Productivity) اولین بار توسط مولدن (Molden) ارائه شد، عبارت است از نسبت عملکرد و یا سود خالص حاصل از زراعت، جنگلداری، آبزی‌پروری، دامپروری و یا یک سیستم ترکیبی کشاورزی، به میزان آب به‌کار رفته برای رسیدن به سود خالص (کشاورز و دهقانی سانج، ۱۳۹۱). براساس اینکه کدام جنبه از بهره‌وری مورد مطالعه است، روش‌های متفاوتی برای سنجش بهره‌وری در ادبیات نظری مطرح شده است. در مطالعه Molen و همکاران (۱۹۹۸)، از نظر کمی و فیزیکی محصولات، شاخص بهره‌وری فیزیکی منابع به‌صورت تولید به‌ازای یک واحد (CPD)<sup>۱</sup> تعریف شده است. بااستفاده از رابطه (۱)، این شاخص از تقسیم مقدار محصول (Q) برحسب کیلوگرم به میزان آب مصرفی (W) بر حسب مترمکعب به‌دست می‌آید،

در راستای افزایش بهره‌وری آب محصولات کشاورزی، مفاهیم جدیدی در ادبیات اخیر مطالعات اقتصاد دانش‌بنیان مطرح شده است. Allan (۲۰۰۳) مبادله «آب مجازی» را به‌عنوان راهکاری جهت مدیریت کم‌آبی در کشورهای خشک و نیمه‌خشک خاورمیانه پیشنهاد کرد. به پیروی از آن، مفهوم «ردپای آب» ارائه‌دهنده چارچوبی برای تجزیه و تحلیل ارتباط میان مصرف و تخصیص انسانی از آب شیرین کره زمین ارائه می‌دهد (برای مطالعه بیشتر به پوران و همکاران (۱۳۹۶) رجوع شود). «ردپای آب» یک محصول عبارت است از حجم کل آب شیرینی که برای تولید محصول به کار می‌رود و همان حاصلضرب محتوی آب مجازی هریک از محصولات کشاورزی و مقدار تولید همان محصول در منطقه موردنظر است. شامل سه جزء ردپای آب آبی (blue water footprint)، سبز (green water footprint) و خاکستری (grey water footprint) است؛ ردپای آب آبی به حجم آب‌های سطحی و زیرزمینی صرف شده در فرآیند تولید محصول اشاره دارد؛ ردپای آب سبز آب‌های حاصل از بارش‌های جوی صرف شده در تولید محصول است. ردپای آب خاکستری حجم آب شیرین لازم برای تصفیه آلودگی‌ها براساس استانداردهای کیفی موجود می‌باشد که پس از تصفیه در تولید محصول به کار می‌رود (Hoekstra و Mekonnen, ۲۰۱۰). براساس این طبقه‌بندی، محتوی آب محصولات کشاورزی به سه نوع سبز، آبی و خاکستری طبقه‌بندی شده است. Mekonnen و Hoekstra (۲۰۱۰ و ۲۰۱۱) ردپای آب و آب مجازی گروهی از محصولات کشاورزی در مناطق مختلف کشورهای جهان را محاسبه کردند که مبنای اطلاعات آماری در خصوص آب مجازی و ردپای آب محصولات کشاورزی در عمده مطالعات مرتبط، از جمله مطالعه حاضر می‌باشد.

## ۲- ادبیات تجربی

مطالعات مختلفی در خارج و داخل کشور با رویکرد محاسبه بهره‌وری آب محصولات کشاورزی در سطح ملی، منطقه‌ای استانی و شهری (روستایی) انجام شده است. Oweis (۱۹۹۷) متناسب با میزان بارندگی، دامنه تغییرات بهره‌وری فیزیکی گندم را برای کشور سوریه بین ۰/۵ تا ۲ تن در هر هکتار محاسبه نموده است. Zwart و Bastiaanssen (۲۰۰۴) بهره‌وری فیزیکی آب محصولات گندم، برنج، پنبه و ذرت را برای گروهی از کشورهای جهان، به‌طور متوسط و به‌ترتیب، برابر ۱/۰۹، ۱/۰۹، ۰/۶۵ و ۰/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه نمودند. موسسه تحقیقاتی Water watch (۲۰۰۴) بهره‌وری اقتصادی آب گندم، برنج و پنبه را به‌ترتیب ۵/۸، ۶/۴ و ۲۱/۵ روپیه به ازای هر کیلوگرم برای کشور هند ارزیابی

نمود. Singh و همکاران (۲۰۰۶) بهره‌وری فیزیکی آب این محصولات را برای هند به‌ترتیب ۱/۰۴، ۰/۸۴ و ۰/۲۱ کیلوگرم بر مترمکعب ارزیابی نمودند. Liu و همکاران (۲۰۰۸) برای ۱۲۴ کشور جهان نتیجه گرفتند، کشورهای آمریکا و چین با بیش از ۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب بالاترین بهره‌وری فیزیکی آب برای محصول ذرت و کشورهای آفریقایی با کمتر از ۱ کیلوگرم بر مترمکعب، کمترین بهره‌وری فیزیکی را میان کشورهای مورد مطالعه دارند. همچنین، Foley و همکاران (۲۰۱۹) براساس متاآنالیز جامعی پیرامون بهره‌وری آب غلات سه محصول برتر جهان (گندم، ذرت و برنج) در ۳۱ کشور دنیا، به این نتیجه دست یافتند که بالاترین مصرف‌کنندگان آب برای تولید محصولات زراعی، از بیشترین پتانسیل پس‌انداز آب نیز برخوردارند؛ کشورهای ایالات متحده آمریکا، هند و چین برای گندم؛ ایالات متحده آمریکا، چین، و برزیل برای ذرت؛ هند، چین و پاکستان برای برنج چنین ویژگی‌هایی دارند.

در داخل کشور نیز، پورمحمد و همکاران (۱۳۹۶) بهره‌وری اقتصادی ذرت، گوجه‌فرنگی، گندم و جو را به‌ترتیب ۹۷، ۶، ۴۱ و ۴۱ سنت بر مترمکعب برای دشت نیشابور محاسبه نمودند. کریم‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند تعیین الگوی کشت با استفاده از برنامه‌ریزی خطی با هدف بهره‌وری آب باعث کاهش ۲۷ درصدی تقاضای آب کشاورزی در محدوده مزارع کوچک چناران شده است. اشراقی و قاسمیان (۱۳۹۱) بالاترین رتبه میزان بهره‌وری اقتصادی آب را به‌ترتیب به مناطق مینودشت، کلاله و علی‌آباد و کمترین آن به مناطق گنبدکاووس، کردکوی و آزادشهر استان گلستان اختصاص دادند. سپهوند (۱۳۸۸) در منطقه غرب کشور میانگین بهره‌وری آب فیزیکی گندم و کلزا را به‌ترتیب ۱/۶۴ و ۰/۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب و بهره‌وری اقتصادی مصرف آب آنها به‌ترتیب ۲۱۲۸ و ۱۵۰۸ ریال بر مترمکعب ارزیابی نمودند. علیزاده و خلیلی (۱۳۸۸) نیز با رویکرد واردات آب مجازی، نشان دادند در صورت واردات شکر از کشور دیگر (مانند برزیل)، به‌جای کشت آن در استان خراسان رضوی، حدود ۶۶۵ تا ۷۵۰ میلیون مترمکعب در مصرف آب ایران صرفه‌جویی می‌شود.

وجه تمایز مطالعه حاضر با مطالعات فوق، مقایسه دو الگوی کشت متأثر از هدف حداکثرسازی سود (الگوی کشت رایج و سنتی) و الگوی کشت متأثر از هدف حداکثرسازی بهره‌وری آب محصولات کشاورزی (الگوی کشت بهینه) و نیز، رتبه‌بندی ۱۲ محصول زراعی استان‌های منتخب با این رویکرد است. در این تحقیق سعی شده است، دراولویت‌بندی کشت محصولات کشاورزی زراعی منتخب، هدف حداکثرشدن بهره‌وری آب محصولات کشاورزی با رویکرد محتوی آب مجازی آنها به اشکال سبز، آبی و خاکستری مدنظر قرار گیرد.

## ۱- مراحل تجزیه و تحلیل آماری

در راستای دستیابی به هدف مطالعه، تجزیه و تحلیل در سه مرحله انجام شد. مرحله اول، انتخاب جامعه آماری است. در انتخاب جامعه آماری مطالعه به دو مسئله توجه شده است: ۱- وضعیت برخورداری آب استان‌ها. ۲- وجود یا عدم وجود اطلاعات آب مجازی محصولات مورد بررسی آنها. بررسی‌ها نشان داد وضعیت استان‌های کشور براساس شاخص پایش منابع آب به گونه‌ای است که ۴ استان در شرایط کمبود آبی<sup>۲</sup>، ۱۷ استان<sup>۳</sup> در شرایط تنش آبی شدید و ۱۰ استان در شرایط تنش آبی<sup>۴</sup> قرار داشته‌اند. در این سال هیچ یک از استان‌ها در شرایط قابل تحمل، نرمال و مرطوب قرار نداشتند که این موضوع نشان‌دهنده آسیب‌پذیری بالای منابع آب کشور است (سالنامه آماری آب کشور، ۱۳۹۷). در مطالعه حاضر استان‌های سمنان و ایلام از گروه استان‌های دارای تنش آبی هستند و با توجه به اینکه اطلاعات آب مجازی محصولات آنها نیز موجود است، به عنوان جامعه آماری انتخاب شدند. به علاوه، طبق اطلاعات سالنامه آماری آب کشور استان‌های سمنان و ایلام هریک حدود ۸۵ درصد از مجموع منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی استان خود را به تولیدات کشاورزی اختصاص می‌دهند (محاسبه براساس اطلاعات سالنامه آماری آب کشور، ۱۳۹۷). به عبارت دیگر، استان‌های فوق برخلاف وضعیت تنش آبی، بخش قابل توجهی از منابع آب خود را به تولیدات کشاورزی اختصاص می‌دهند و نقش مهمی در تولیدات زراعی کشور دارند. بنابراین، برنامه‌ریزی کشاورزی این استان‌ها باید معطوف به تولید محصولاتی با محتوی آب کمتر و بهره‌وری آب بالاتر شود.

در مرحله دوم، بهره‌وری آب محصولات کشاورزی باتوجه به مقادیر تولید بهینه حاصل از الگوی حداکثرسازی بهره‌وری آب و محتوی آب این محصولات، محاسبه شد. در این مرحله از یافته‌های مطالعه پوران و همکارانش (۱۳۹۶) استفاده شد. آنها جهت ارزش‌گذاری اقتصادی آب مجازی

محصولات، ۱۲ محصول زراعی منتخب را در قالب پنج گروه (غلات، حبوبات، محصولات صنعتی، سبزیجات و محصولات جالیزی) انتخاب نمودند. حاصل این مطالعه ارزش‌گذاری اقتصادی آب مجازی محصولات زراعی منتخب به کمک الگوی برنامه‌ریزی خطی فازی (FLP)، در استان‌های منتخب و محاسبه مقدار تولید بهینه این محصولات با دو هدف حداکثر نمودن بهره‌وری آب و حداکثر شدن سود است. به دنبال یافته‌های این مطالعه، بهره‌وری آب محصولات برای دو الگوی کشت بهینه و فعلی از رابطه (۳) محاسبه شد. رابطه بهره‌وری مصرف آب برابر با نسبت عملکرد محصول به مقدار آب مصرفی است.

$$(۳) \quad \text{عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)} = \frac{\text{بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)}}{\text{مقدار آب مصرفی (مترمکعب بر هکتار)}}$$

عملکرد هر محصول نیز از رابطه (۴) قابل محاسبه است.

$$(۴) \quad \text{عملکرد} = \frac{\text{تولید (کیلوگرم)}}{\text{سطح زیرکشت (هکتار)}} \quad \text{(کیلوگرم بر هکتار)}$$

نتایج محاسبه بهره‌وری مصرف آب برای هر محصول زراعی در قالب دو الگوی کشت بهینه و الگوی کشت فعلی در جداول (۱) و (۲)، به ترتیب برای استان‌های سمنان و ایلام ارائه شده است. نکته قابل توجه اینکه اطلاعات دقیق و مشخصی برای میزان آب آبیاری کاربردی در کشاورزی استان‌ها وجود ندارد و تنها اطلاعاتی که موجود و قابل استناد است، کل منابع آب تخصیص یافته به بخش کشاورزی هر استان می‌باشد؛ براین اساس، طبق اطلاعات سالنامه آب وزارت نیرو (۱۳۹۷) کل منابع آب تخصیص یافته به بخش کشاورزی استان‌های سمنان و ایلام به ترتیب ۸۹۷ و ۹۰۷ میلیون مترمکعب است. بنابراین، در هنگام محاسبه بهره‌وری آب براساس رابطه (۳) مقدار آب مصرفی هر محصول، برابر حاصلضرب نسبت سطح زیرکشت هر محصول به کل سطح زیرکشت محصولات کشاورزی استان و مقدار آب تخصیص یافته به بخش کشاورزی آن استان، در نظر گرفته شده است.

جدول ۱- نتایج محاسبه بهره‌وری مصرف آب استان سمنان

| الگوی کشت بهینه  |                        |                               | الگوی کشت فعلی   |                        |                               | محصولات | سطح زیرکشت |
|------------------|------------------------|-------------------------------|------------------|------------------------|-------------------------------|---------|------------|
| تولید بهینه (تن) | عملکرد (کیلوگرم/هکتار) | بهره‌وری آب (کیلوگرم/مترمکعب) | تولید بهینه (تن) | عملکرد (کیلوگرم/هکتار) | بهره‌وری آب (کیلوگرم/مترمکعب) | (هکتار) |            |
| ۲۰۸              | ۲۱۵۲                   | ۲/۴                           | ۱۶۲              | ۱۶۶۳                   | ۱/۸۵                          | ۹۷      | لوبیا      |
| ۷/۵              | ۱۰۸۵                   | ۱/۲۱                          | ۸                | ۱۱۴۳                   | ۱/۲۷                          | ۷       | نخود       |
| ۸۲۰              | ۴۵۷                    | ۰/۵۱                          | ۱۵۷۰             | ۸۷۵                    | ۰/۶۴                          | ۱۷۹۵    | عدس        |
| ۱۹۲۸۷۷           | ۶۷۲۷۵                  | ۷/۵                           | ۱۶۵۶۰۰           | ۵۷۷۶۱                  | ۶/۴                           | ۲۸۶۷    | چغندر قند  |
| ۳۳۶۱۵۹           | ۱۶۱۴۶                  | ۱/۸                           | ۴۳۵۸             | ۹۰۷۲۶                  | ۱/۰۱                          | ۲۰۸۲۰   | گندم       |
| .                | .                      | .                             | .                | .                      | .                             | .       | شلتوک      |
| ۲۰۱۰۷            | ۱۳۴۵                   | ۱/۵                           | ۴۸۸۷۳            | ۳۲۶۹                   | ۳/۶                           | ۱۴۹۵۰   | جو         |
| .                | .                      | .                             | .                | .                      | .                             | .       | ذرت        |
| ۵۸۱۹۳            | ۲۵۱۱۶                  | ۲/۸                           | ۵۷۹۱۲            | ۲۵۰۰۰                  | ۲/۷                           | ۲۳۱۷    | سیب‌زمینی  |
| ۲۴۰۹۳            | ۷۰۸۶۳                  | ۷/۹                           | ۲۳۴۶۰            | ۶۹۰۰۰                  | ۷/۶                           | ۳۴۰     | پیاز       |
| ۳۶۸۴۱            | ۲۷۰۸۹                  | ۳/۰۲                          | ۲۹۹۲۰            | ۲۲۰۰۰                  | ۲/۴                           | ۱۳۶۰    | هندوانه    |
| ۱۳۹۵۰            | ۱۶۱۴۶                  | ۱/۸                           | ۱۰۳۶۲            | ۱۲۰۰۰                  | ۱/۳                           | ۸۶۴     | خیار       |

\* منبع اطلاعات سطح زیرکشت محصولات و میزان تولید فعلی، احمدی و همکاران (۱۳۹۷) است.

\*\* کل منابع آب بخش کشاورزی استان از سالنامه آماری آب وزارت کشور (۱۳۹۷) اقتباس شده است.

\*\*\* میزان تولید بهینه از نتایج مطالعه پوران و همکاران (۱۳۹۶) اقتباس شده است.

جدول (۲)- نتایج محاسبه بهره‌وری مصرف آب استان ایلام

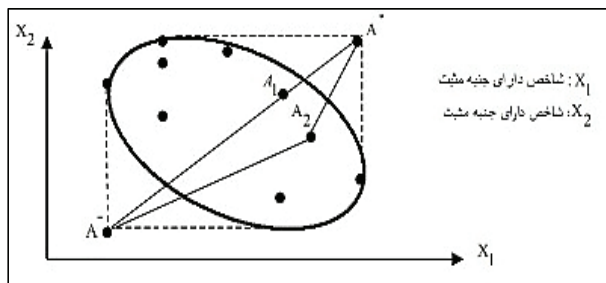
| الگوی کشت بهینه  |                        |                               | الگوی کشت فعلی   |                        |                               | محصولات | سطح زیرکشت |
|------------------|------------------------|-------------------------------|------------------|------------------------|-------------------------------|---------|------------|
| تولید بهینه (تن) | عملکرد (کیلوگرم/هکتار) | بهره‌وری آب (کیلوگرم/مترمکعب) | تولید بهینه (تن) | عملکرد (کیلوگرم/هکتار) | بهره‌وری آب (کیلوگرم/مترمکعب) | (هکتار) |            |
| ۳۳۹              | ۱۵۴۱                   | ۱/۷                           | ۲۵۳              | ۱۱۵۰                   | ۱/۲۶                          | ۲۲۰     | لوبیا      |
| ۳۴۷۱             | ۸۴۳                    | ۰/۹۳                          | ۸۲۲۴۳            | ۵۴۵                    | ۰/۶                           | ۴۱۱۷    | نخود       |
| ۲۳۲۳             | ۵۴۴                    | ۰/۶                           | ۲۱۶۹             | ۵۰۸                    | ۰/۵۶                          | ۴۲۷۰    | عدس        |
| ۱۱۱۶             | ۷۴۳۷                   | ۸/۲                           | ۹۵۰۰             | ۶۳۳۳۳                  | ۶/۹                           | ۱۵۰     | چغندر قند  |
| ۱۹۱۲۶۹           | ۳۳۵۵                   | ۰/۳۷                          | ۲۱۰۱۱۴           | ۳۶۸۶                   | ۰/۴                           | ۵۷۰۱۰   | گندم       |
| ۲۴۳۵۳            | ۸۸۸۸                   | ۰/۹۸                          | ۱۲۸۵۹            | ۴۶۹۳                   | ۰/۵                           | ۲۷۴۰    | شلتوک      |
| ۱۲۰۶۲            | ۸۶۱۶                   | ۰/۹۵                          | ۴۲۸۶             | ۳۰۶۱                   | ۰/۳۳                          | ۱۴۰۰    | جو         |
| ۱۴۱۷۹۲           | ۲۰۸۶۱                  | ۲/۳                           | ۵۳۱۲۵            | ۷۸۱۶                   | ۰/۸                           | ۶۷۹۷    | ذرت        |
| ۲۱۹۹             | ۱۸۳۲۱                  | ۲/۰۲                          | ۲۱۲۱             | ۱۷۶۷۷                  | ۱/۹                           | ۱۲۰     | سیب‌زمینی  |
| ۹۵۵۵۶            | ۲۱۴۹                   | ۲/۳۷                          | ۳۷۵۰۰            | ۱۶۵۴                   | ۱/۸                           | ۴۴      | پیاز       |
| ۵۴۵۳۳            | ۲۲۶۷۵                  | ۲/۵                           | ۹۱۶۴۶            | ۳۸۱۰۵                  | ۱/۵                           | ۲۴۰۵    | هندوانه    |
| ۷۰۶۸۸            | ۱۹۵۰۰                  | ۲/۱۵                          | ۷۲۲۰۴            | ۱۹۹۲۰                  | ۲/۱                           | ۳۶۲۵    | خیار       |

\* منبع اطلاعات سطح زیرکشت محصولات و میزان تولید فعلی، احمدی و همکاران (۱۳۹۷) است.

\*\* کل منابع آب بخش کشاورزی استان از سالنامه آماری آب وزارت کشور (۱۳۹۷) اقتباس شده است.

\*\*\* میزان تولید بهینه از نتایج مطالعه پوران و همکاران (۱۳۹۶) اقتباس شده است.

بیشترین تشابه را با راهحل ایده‌آل داشته باشند، رتبه بالاتری کسب می‌کنند. فضای هدف بین دو معیار، به‌عنوان نمونه در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱)- فضای هدف بین راهحل ایده‌آل مثبت و منفی در تکنیک تاپسیس (Opricovic و Hshiong Tzeng, ۲۰۰۴)

در شکل (۱)  $A^+$  و  $A^-$  به‌ترتیب، راهحل ایده‌آل مثبت و راهحل ایده‌آل منفی است. گزینه  $A_1$  به نسبت گزینه  $A_2$ ، فاصله کمتری تا راهحل ایده‌آل مثبت و فاصله بیشتری تا راهحل ایده‌آل منفی دارد. بنابراین، مراحل الگوریتم تاپسیس را به‌طور خلاصه می‌توان چنین معرفی نمود: ۱- تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری، ۲- نرمال کردن ماتریس تصمیم، ۳- تشکیل ماتریس تصمیم نرمال موزون، ۴- محاسبه ایده‌آل‌های مثبت و منفی، ۵- محاسبه فاصله از ایده‌آل‌های مثبت و منفی و در نهایت، ۶- محاسبه راهحل ایده‌آل (برای اطلاعات بیشتر در این زمینه به مطالعه موسوی و همکاران (۱۳۸۹) رجوع شود). در پژوهش حاضر، کلیه مراحل فوق به کمک نرم‌افزار TOPSIS انجام شده است.

## نتایج و بحث

به‌منظور ایجاد زمینه مقایسه و اولویت‌بندی محصولات در چارچوب الگوی کشت بهینه و الگوی کشت فعلی، فرآیند اولویت‌بندی یکبار از طریق بهره‌وری آب متناسب با الگوی کشت فعلی و بار دیگر، از طریق بهره‌وری آب متناسب با الگوی کشت بهینه انجام شده است. به عبارت دیگر، با فرض ثابت ماندن سایر عوامل، دو الگوی کشت از لحاظ معیار بهره‌وری آب مقایسه شدند.

### • اولویت‌بندی کشت محصولات در استان سمنان

پس از تشکیل ماتریس تصمیم (متشکل از ۱۲ گزینه و ۷ معیار) و نرمال‌سازی، ماتریس وزنی رابطه (۶) به کمک نرم‌افزار TOPSIS و با انتخاب تکنیک آنتروپی شانون انجام شده است. قسمتی از اطلاعات ماتریس تصمیم در جدول (۳) آمده است.

مرحله سوم، به اولویت‌بندی و مقایسه دو الگوی کشت بهینه و فعلی پرداخته شده است. در این مرحله، معیارهای مورد بررسی برای تکنیک تاپسیس، براساس مدل ریاضی مطالعه پوران و همکاران (۱۳۹۶) انتخاب شده و عبارتند از: ۱- محتوی آب سبز، ۲- محتوی آب آبی و ۳- محتوی آب خاکستری محصولات کشاورزی، ۴- بهره‌وری آب محصولات، ۵- سطح زیرکشت محصولات، ۶- قیمت محصولات و ۷- متوسط هزینه تولید محصولات در مراحل سه‌گانه کاشت، داشت و برداشت. در نهایت، به‌منظور مقایسه اولویت‌بندی محصولات در چارچوب الگوی کشت بهینه و الگوی کشت فعلی، فرآیند اولویت‌بندی یکبار از طریق بهره‌وری آب متناسب با الگوی کشت فعلی و یکبار از طریق بهره‌وری آب متناسب با الگوی کشت بهینه انجام شد. به‌عبارت دیگر، با فرض ثابت ماندن سایر عوامل، دو الگوی کشت از لحاظ معیار بهره‌وری آب مقایسه شدند.

### ۲- تکنیک تصمیم‌گیری تاپسیس (TOPSIS)<sup>۶</sup>

تا به امروز یکی از کاربردی‌ترین روش‌های مدیریت و برنامه‌ریزی، استفاده از تکنیک‌هایی است که بتوان از طریق آنها باتوجه به معیارهای کمی و کیفی متعدد، بهترین گزینه را انتخاب کرد. از مشهورترین این تکنیک‌ها می‌توان به مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره  $(MCDM)$ <sup>۷</sup> اشاره نمود که خود به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند: ۱- مدل‌های چندهدفه ۲- مدل‌های چندشاخصه. مدل «تاپسیس» نوعی تکنیک تصمیم‌گیری چند شاخصه جبرانی بسیار قوی برای اولویت‌بندی گزینه‌ها از طریق شبیه نمودن آنها به جواب ایده‌آل است. این مدل اولین بار توسط Yoon و Hwang (۱۹۸۱) پیشنهاد شد و به تکنیک وزن‌دهی، حساسیت بسیار کمی دارد (برای اطلاعات بیشتر به مطالعه Olson (۲۰۰۴) مراجعه شود). شانیان (۱۳۸۵) مهمترین مزایای روش تاپسیس را در نظر گرفتن تضاد و مطابقت بین گزینه‌ها و نیز پذیرش ضرایب وزنی اولیه توسط معیارها و شاخص‌های مدل، می‌دانند. به‌علاوه، در این مدل معیارهای کمی و کیفی هر دو در مباحث اولویت‌بندی و تصمیم‌گیری به‌کار می‌رود. خروجی مدل می‌تواند ترتیب اولویت‌ها را مشخص سازد و علاوه بر سادگی مدل، نتایج حاصل از آن با روش‌های تجربی کاملاً منطبق است.

در این روش،  $m$  گزینه به‌وسیله  $n$  شاخص ارزیابی می‌شود. منطق اصولی این مدل راهحل ایده‌آل (مثبت) و راهحل ایده‌آل منفی را تعریف می‌کند. راهحل ایده‌آل (مثبت) راهحلی است که معیار سود را افزایش و معیار هزینه را کاهش می‌دهد. گزینه بهینه، گزینه‌ای است که کمترین فاصله از راهحل ایده‌آل و در عین حال دورترین فاصله از راهحل ایده‌آل منفی دارد. به عبارتی در رتبه‌بندی گزینه‌ها به روش تاپسیس، گزینه‌هایی که



جدول ۳- تعدادی از معیارهای تصمیم در اولویت‌بندی محصولات استان سمنان

| محصولات      | محتوی آب سبز      | محتوی آب آبی | محتوی آب خاکستری | بهره‌وری آب بهینه | بهره‌وری آب فعلی |
|--------------|-------------------|--------------|------------------|-------------------|------------------|
| (مترمکعب/تن) | (کیلوگرم/مترمکعب) |              |                  |                   |                  |
| لوبیا        | ۶۲۴               | ۱۱۲۹         | ۴۸۲              | ۲/۴               | ۱/۸۵             |
| نخود         | ۲۱۲۷              | ۲۴۱۳         | ۱۴۰۴             | ۱/۲۱              | ۱/۲۷             |
| عدس          | ۳۱۴۲              | ۶۰۲۷         | ۱۹۹۳             | ۰/۵۱              | ۰/۶۴             |
| چغندر قند    | ۵۱                | ۲۵۲          | ۴۵               | ۷/۵               | ۶/۴              |
| گندم         | ۱۲۵۶              | ۹۶۵          | ۲۲۶              | ۱/۸               | ۱/۰۱             |
| شلتوک        | ۱۷۲۴              | ۱۰۷۳۲        | ۱۱۳۲             | ۰                 | ۰                |
| جو           | ۲۷۵۵              | ۴۷۹۰         | ۱۷۷۹             | ۱/۵               | ۱/۶              |
| ذرت          | ۱۷۶               | ۱۱           | ۴۸               | ۰                 | ۰                |
| سیب‌زمینی    | ۳۱                | ۲۱۳          | ۳۴               | ۲/۸               | ۲/۷              |
| پیاز         | ۵۸                | ۱۸۷          | ۲۲               | ۷/۹               | ۷/۶              |
| هندوانه      | ۹۵                | ۲۶           | ۳۴               | ۳/۰۲              | ۲/۴              |
| خیار         | ۸۲                | ۲۵۲          | ۳۷               | ۱/۸               | ۱/۳              |

جدول ۴- مقایسه اولویت محصولات استان سمنان در شرایط حداکثر بهره‌وری و شرایط فعلی

| شرایط حداکثر بهره‌وری | شرایط فعلی  |
|-----------------------|-------------|
| اولویت‌ها             | اولویت‌ها   |
| ضریب نزدیکی           | ضریب نزدیکی |
| چغندر قند             | ۰/۷۲۵۲      |
| پیاز                  | ۰/۷۲۳۹      |
| هندوانه               | ۰/۷۱۷۵      |
| خیار                  | ۰/۷۱۶۲      |
| لوبیا                 | ۰/۷۱۲۷      |
| نخود                  | ۰/۷۱۲۶      |
| سیب‌زمینی             | ۰/۷۱۰۶      |
| ذرت                   | ۰/۶۹۳۹      |
| عدس                   | ۰/۶۵۱۵      |
| شلتوک                 | ۰/۵۷۸۸      |
| جو                    | ۰/۴۴۸۹      |
| گندم                  | ۰/۳۴۸۷      |
| عدس                   | ۰/۷۷۱۴      |
| شلتوک                 | ۰/۵۶۹۸      |
| ذرت                   | ۰/۵۰۷۵      |
| لوبیا                 | ۰/۴۸۷۶      |
| نخود                  | ۰/۴۸۳۱      |
| خیار                  | ۰/۴۸۱۷      |
| هندوانه               | ۰/۴۷۶۳      |
| پیاز                  | ۰/۴۷۵۲      |
| چغندر قند             | ۰/۴۷۰۰      |
| سیب‌زمینی             | ۰/۴۶۴۰      |
| جو                    | ۰/۳۱۴۱      |
| گندم                  | ۰/۲۷۱۵      |

براین اساس، رتبه‌بندی محصولات استان سمنان در دو الگوی کشت بهینه و فعلی در جدول (۳) ارائه است. طبق این جدول برای الگوی کشت بهینه محصولات چغندر قند، شلتوک، پیاز، هندوانه، خیار و سیب‌زمینی به ترتیب از اولویت‌های اول تا ششم در تولید محصولات کشاورزی استان سمنان به شمار می‌روند. به این ترتیب، محصولاتی از اولویت‌های بالاتر برخوردارند که دارای محتوی آب کمتری نسبت به سایر محصولات هستند. در رتبه‌بندی الگوی کشت فعلی، ترتیب محصولات تقریباً متفاوت از الگوی کشت بهینه شده است. در این الگو محصولات چغندر قند، لوبیا، شلتوک، پیاز، خیار و ذرت به ترتیب از اولویت‌های اول تا ششم محسوب می‌شوند.

نکته قابل توجه اینکه در اولویت‌بندی محصولات طبق این الگو، محصولاتی در رتبه‌های اول قرار دارند که نسبت به سایر محصولات محتوی آب بیشتری دارند. ضریب نزدیکی این گروه نسبت به محصولات الگوی کشت بهینه، نسبتاً پایین‌تر است. به عبارت دیگر، این محصولات از راه‌حل ایده‌آل نسبتاً دورتر هستند.

#### • اولویت‌بندی کشت محصولات در استان ایلام

بخشی از اطلاعات ماتریس تصمیم استان ایلام در جدول (۵) ارائه شده است. بر طبق ماتریس اوزان الگوی کشت بهینه، محتوی آب سبز، آبی و خاکستری به ترتیب وزن‌های ۰/۱۳۰۸، ۰/۱۷۴۱ و ۰/۱۵۱ دارند. وزن سطح زیر کشت ۰/۲۶۲۳، قیمت محصولات ۰/۰۸۱۶، متوسط هزینه تولید ۰/۰۵۶۵ و بهره‌وری آب ۰/۱۵۳۷ تعیین شده است.

در مرحله بعد، براساس آنتروپی، وزن مناسب به هر یک از معیارها به‌طور سیستمی داده شد. به‌علاوه، بر طبق ماتریس اوزان الگوی کشت بهینه، محتوی آب سبز، آبی و خاکستری به ترتیب دارای وزن‌های ۰/۱۷۳۱، ۰/۱۷۳۱ و ۰/۲۲۳۸ هستند. به‌علاوه، وزن سطح زیر کشت ۰/۱۸۱۳، قیمت محصولات ۰/۰۸۹۸، متوسط هزینه تولید ۰/۰۵۱۲ و بهره‌وری آب ۰/۱۱۰۹ تعیین شده است. براساس وزن‌های تعیین شده توسط آنتروپی شانون، نرم‌افزار به طور خودکار مراحل نرمال‌سازی ماتریس تصمیم، وزن‌دهی به ماتریس نرمال شده، تعیین راه‌های ایده‌آل مثبت و منفی و محاسبه اندازه فاصله از راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی را انجام داد.

در نهایت، خروجی نرم‌افزار به‌صورت ضریب نزدیکی هر گزینه (محصول) به راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی نشان داده شد که همزمان، گزینه‌ها نیز براساس همین ضرایب رتبه‌بندی شده است. به‌طوری‌که گزینه‌ها (محصولات) به ترتیب از بزرگترین ضریب نزدیکی تا کوچکترین مقدار آن رتبه‌بندی شدند. نتایج این خروجی در دو حال الگوی کشت بهینه و الگوی کشت فعلی، برای استان سمنان در جدول (۴) مشاهده می‌شود. از طرف دیگر، طبق ماتریس اوزان الگوی کشت فعلی، محتوی آب سبز، آبی و خاکستری به ترتیب دارای وزن‌های ۰/۱۴۷۸، ۰/۱۳۶۷ و ۰/۱۳۰۵ هستند. به‌علاوه، وزن سطح زیر کشت ۰/۲۹۱۵، قیمت محصولات ۰/۰۷۲۵، متوسط هزینه تولید ۰/۰۴۱۳ و بهره‌وری آب ۰/۱۷۹۸ تعیین شده است.

جدول ۵- تعدادی از معیارهای تصمیم در

اولویت‌بندی محصولات استان ایلام

| محصولات   | محتوی<br>آب<br>سبز | محتوی<br>آب<br>آبی | محتوی<br>آب<br>خاکستری | بهره‌وری<br>آب<br>بهره‌وری<br>فعلی | بهره‌وری<br>آب<br>بهره‌وری<br>فعلی |
|-----------|--------------------|--------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|           | (مترمکعب/تن)       | (مترمکعب/تن)       | (کیلوگرم/مترمکعب)      |                                    |                                    |
| لوبیا     | ۸۸۹                | ۱۷۰۷               | ۵۱۳                    | ۱/۷                                | ۱/۲۶                               |
| نخود      | ۶۷۸۸               | ۳۷۸۷               | ۳۰۸۹                   | ۰/۹۳                               | ۰/۶                                |
| عدس       | ۲۹۱۷               | ۱۳۰۲۲              | ۱۴۳۹                   | ۰/۶                                | ۰/۵۶                               |
| چغندرقد   | ۵۴۴                | ۵۵۹۶               | ۳۶۴                    | ۸/۲                                | ۶/۹                                |
| گندم      | ۴۲۹۵               | ۴۹۱                | ۴۱۲                    | ۰/۳۷                               | ۰/۴                                |
| شلتوک     | ۳۰۱                | ۲۵۳۴               | ۲۳۸                    | ۰/۹۸                               | ۰/۵                                |
| جو        | ۲۴۷۳               | ۳۹۸۱               | ۳۷۳                    | ۰/۹۵                               | ۰/۳۳                               |
| ذرت       | ۳۶۲                | ۴                  | ۵۱                     | ۲/۳                                | ۰/۸                                |
| سیب‌زمینی | ۸۹                 | ۲۴۶                | ۷۲                     | ۲/۰۲                               | ۱/۹                                |
| پیاز      | ۴۶                 | ۳۵۱                | ۲۳                     | ۲/۳۷                               | ۱/۸                                |
| هندوانه   | ۱۷۳                | ۳۹                 | ۳۴                     | ۲/۵                                | ۱/۵                                |
| خیار      | ۹۰                 | ۴۷۶                | ۳۷                     | ۲/۱۵                               | ۲/۱                                |

از طرف دیگر، طبق ماتریس اوزان الگوی کشت فعلی، محتوی آب سبز، آبی و خاکستری به‌ترتیب دارای وزن‌های ۰/۱۱۴۳، ۰/۱۵۲۱ و ۰/۱۳۱۹ هستند. وزن سطح زیر کشت ۰/۲۲۹۱، قیمت محصولات ۰/۰۷۱۳، متوسط هزینه تولید ۰/۰۴۰۶ و بهره‌وری آب ۰/۲۶۰۷ تعیین شده است. براین‌اساس، رتبه‌بندی محصولات استان ایلام در دو الگوی کشت بهینه و فعلی در جدول (۶) ارائه شده است. برای الگوی کشت بهینه محصولات چغندرقد، پیاز، هندوانه، خیار، لوبیا و نخود به‌ترتیب از اولویت‌های اول تا ششم در تولید محصولات کشاورزی استان ایلام به شمار می‌روند. یعنی، محصولاتی اولویت‌های اول را دارند که دارای محتوی آب کمتری نسبت به سایر محصولات هستند. همان‌طورکه در جدول (۶) مشاهده می‌شود، اولویت‌بندی بیانگر این است محصولاتی اولویت‌های اول را دارند که عمدتاً محتوی آب آنها نسبت به سایر محصولات کمتر است.

براساس جدول (۶) برای الگوی کشت فعلی، محصولات متناسب با بهره‌وری آب کمتری نسبت به الگوی کشت بهینه رتبه‌بندی شدند. بنابراین ترتیب محصولات به نوعی متفاوت از الگوی کشت بهینه شده است. در الگوی کشت فعلی، محصولات هندوانه، شلتوک، خیار، ذرت، نخود و

لوبیا به‌ترتیب اولویت‌های اول تا ششم را دارند. نکته قابل توجه اینکه در اولویت‌بندی محصولات طبق این الگو، دیده می‌شود عمدتاً محصولاتی در رتبه‌های اول قرار دارند که نسبت به سایر محصولات محتوی آب بیشتری دارند. ضریب نزدیکی این گروه نسبت به محصولات الگوی کشت بهینه، نسبتاً پایین‌تر است. یعنی این محصولات از راه‌حل ایده‌ال نسبتاً دورتر هستند.

جدول ۶- مقایسه اولویت محصولات استان ایلام

در شرایط حداکثر بهره‌وری و شرایط فعلی

| شرایط حداکثر بهره‌وری       | شرایط فعلی                  |
|-----------------------------|-----------------------------|
| اولویت‌ها<br>ضریب<br>نزدیکی | اولویت‌ها<br>ضریب<br>نزدیکی |
| چغندرقد ۰/۶۸۸۱              | هندوانه ۰/۷۸۳۹              |
| پیاز ۰/۶۶۳۳                 | شلتوک ۰/۶۰۰۵                |
| هندوانه ۰/۶۵۰۵              | خیار ۰/۵۰۸۵                 |
| خیار ۰/۶۴۸۷                 | ذرت ۰/۵۰۲۶                  |
| لوبیا ۰/۶۴۵۰                | نخود ۰/۴۹۹۹                 |
| نخود ۰/۶۴۲۸                 | لوبیا ۰/۴۹۸۹                |
| شلتوک ۰/۶۳۷۹                | پیاز ۰/۴۸۹۵                 |
| ذرت ۰/۶۳۶۲                  | عدس ۰/۴۸۵۰                  |
| سیب‌زمینی ۰/۶۳۱۸            | چغندرقد ۰/۴۸۴۳              |
| عدس ۰/۶۰۰۹                  | سیب‌زمینی ۰/۴۷۹۷            |
| جو ۰/۴۱۳۸                   | جو ۰/۳۲۴۷                   |
| گندم ۰/۳۳۳۶                 | گندم ۰/۲۷۹۱                 |

نتایج حاصل از اولویت‌بندی محصولات مطالعه در قالب دو الگوی کشت فعلی و الگوی کشت متأثر از هدف حداکثرسازی بهره‌وری آب، نشان می‌دهد تحت شرایط یکسان (یعنی ثابت ماندن سطح زیرکشت، قیمت محصولات و هزینه متوسط تولید) الگوی کشت بهینه استان‌های فوق وضعیت بهتری نسبت به الگوی کشت فعلی آنها دارد. مقایسه محتوی آب محصولات در هر استان باتوجه‌به جداول (۳) و (۵) و نتایج رتبه‌بندی آنها باتوجه‌به جداول (۴) و (۶) نشان می‌دهد، محصولاتی که در اولویت‌های بالاتر استان‌های مورد مطالعه قرار گرفتند، عمدتاً محصولاتی هستند که محتوی آب مجازی آنها به نسبت محصولاتی که در اولویت‌های پایین‌تر هستند، کمتر است و در عین‌حال، بهره‌وری آب بیشتری دارد.

حداکثرسازی سود تأمین شود و هم از هدر رفت منابع آبی در شرایط تنش جلوگیری شود.

### تشکر و قدردانی

به این وسیله از جناب آقای دکتر محمد جُلینی، عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، که با نظرات کارشناسی و ارزشمند خود موجب ارتقاء سطح کیفی این مطالعه شدند، تشکر و قدردانی می‌شود.

### پی‌نوشت

1-Crop Per Drop

2-Benefit Per Drop

۳- بوشهر، فارس، گلستان و هرمزگان

۴- آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، البرز، تهران، خراسان شمالی، خوزستان، زنجان، قزوین، قم، کردستان، کرمان، کرمانشاه، گیلان، مرکزی، همدان و یزد

۵- اصفهان، ایلام، چهارمحال و بختیاری، خراسان رضوی، خراسان جنوبی، سمنان، سیستان و بلوچستان، کهگیلویه و بویراحمد، لرستان و مازندران.

6-Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

7-Multiple Criteria Decision Making

پورمحمد، ی.، موسوی بایگی، س. م.، علیزاده، ا.، ضیائی ع. ن. و بنایان اول، م. ۱۳۹۶. برآورد بهره‌وری آب محصولات عمده نیشابور و بهینه‌سازی سطح زیرکشت محصولات. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۱(۱): ۱۱۲-۱۲۶.

حسینی، س. ا.، ارشدی، م. و بابایی، ح. ۱۳۸۷. آب مجازی: مفاهیم و کاربردها. مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین‌المللی بحران آب. دانشگاه زابل، پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون، زابل، ایران.

سپهوند، مراد. ۱۳۸۸. مقایسه نیاز آبی، بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آن در تولید گندم و کلزا در غرب کشور در سال‌های پرباران. مجله پژوهش آب ایران، ۳(۴): ۶۳-۶۸.

سالنامه آماری آب کشور ۹۴-۱۳۹۳. ۱۳۹۷. وزارت نیرو، دفتر برنامه‌ریزی کلان آب و آبفا. تهران، ایران.

شاهدی، م. و طالبی حسین‌آباد، ف. ۱۳۹۲. ارائه چند شاخص کاربردی به منظور بررسی تعادل منابع آب و پایداری توسعه، مطالعه موردی: حوزه آبریز قره‌قوم. نشریه آب و توسعه پایدار، ۱(۱): ۷۳-۷۹.

نتایج حاصل از برآوردها نشان داد، عمدتاً در هر دو استان، مقادیر ضریب نزدیکی در الگوی کشت بهینه نسبتاً بالاتر از الگوی کشت فعلی است. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت، تحت شرایط یکسان (یعنی ثابت ماندن سطح زیرکشت، قیمت محصولات و هزینه متوسط تولید) الگوی کشت بهینه محصولات زراعی منتخب استان‌های سمنان و ایلام، وضعیت بهتری نسبت به الگوی کشت فعلی آنها دارد. زیراضمن برخورداری از بهره‌وری آب بالاتر نسبت به الگوی کشت فعلی، تولید محصولاتی اهمیت دارد که محتوی آب کمتری نیاز دارند. بنابراین، قادر است با صرف منابع آب کمتر، به هدف حداکثر بهره‌وری آب نزدیک خواهد شد.

از آنجایی که عمده منابع آبی کشور در بخش کشاورزی صرف می‌شود و باتوجه‌به روند نوسانی رو به کاهش منابع آب، توصیه می‌شود؛ سیاست تولید محصولات کشاورزی در راستای حفظ و ذخیره منابع آبی، متمرکز بر کشت محصولاتی باشد که ضمن افزایش بهره‌وری آب، همسو با محتوی آب مجازی محصولات کشاورزی باشد. بنابراین توصیه می‌شود در راستای هدف حداکثرسازی بهره‌وری محتوی آب محصولات، اولویت‌بندی کشت مناطق نیز بر این اساس صورت گیرد. یعنی در هر منطقه و متناسب با شرایط اقلیمی آن، از میان محصولات مختلف آنهایی که نیاز آبی کمتر و بهره‌وری آب بالاتر دارند، در اولویت قرار گیرند تا از این طریق هم هدف

### منابع

احسانی، م. و خالدي، ه. ۱۳۸۱. شناخت و ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی به منظور تأمین امنیت آبی و غذایی کشور. یازدهمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی. تهران، ایران.

احمدی، ک.، عبادزاده، ح.، عبدالشاه، ه.، کاظمیان آ. و رفیعی، م. ۱۳۹۷. آمارنامه کشاورزی. محصولات زراعی، سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶. جلد اول. انتشارات وزارت جهاد کشاورزی. تهران، ایران.

اشراقی، ف. و قاسمیان، س. د. ۱۳۹۱. بررسی بهره‌وری اقتصادی مصرف آب در استان گلستان. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۲۶(۳): ۳۱۷-۳۲۶.

پوران، ر.، راغفر، ح.، قاسمی، ع. ر. و بزازان، ف. ۱۳۹۶. محاسبه ارزش اقتصادی آب مجازی با رویکرد حداکثرسازی بهره‌وری آب آبیاری. فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۶(۲۱): ۱۸۹-۲۱۲.

- Liu J., Zehnder A. J. B. and Yang H. 2008. Drops for crops: modelling crop water productivity on a global scale. *Global NEST Journal*, 10(3): 295-300.
- Mekonnen M.M. and Hoekstra A.Y. 2010. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products (vol. 1: main report). Value of Water Research Report Series No. 47. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Mekonnen M.M. and Hoekstra A.Y. 2011. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products (vol. 2: appendixes). Value of Water Research Report Series No. 50, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Molen D. J., Sakthivadivel R. and Perrye C. J. 1998. Indicators for Comparing Performance of irrigated agricultural systems. Research Report 20. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- Olson D.L. 2004. Comparison of Weights in TOPSIS Models. *Journal of Mathematical and Computer Modeling*. 40: 721-727.
- Opricovic S. and Hshiung Tzeng G. 2004. Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156: 445-455.
- Oweis, T. 1997. Supplemental Irrigation: A highly efficient water-use practice. ICARDA. Aleppo, Syria.
- Singh R., van Dam J. C. and Feddes R. A. 2006. Water productivity analysis of irrigated crops in Sirsa District. *Indian Agricultural Water Management*, 82: 253-278.
- Steduto P., Hsiao T.C., Fereres E. and Raes D. 2012. Crop Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper 66. FAO, Rome, Italy .
- Water Watch. 2004. Economic Water Productivity of Irrigated Crops in Sirsa District. India. Research project, No. 17.
- Zwart S. J. and Bastiaanssen W. G. M. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management*, 69(2):115-133.
- <http://wrbs.wrm.ir/>
- شانیان، ع. ۱۳۸۵. کاربرد تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در انتخاب راهبرد مناسب جهت اجرای پروژه فناوری اطلاعات. انتشارات سازمان مدیریت صنعتی ایران. چاپ اول. تهران، ایران.
- کشاورز، ح. و دهقانی سانچ، ع. ۱۳۹۱. شاخص بهره‌وری آب و راه‌کار آتیه کشاورزی کشور. فصلنامه علمی راهبرد اقتصادی، ۱(۱): ۱۹۹-۲۳۳.
- کریم‌زاده، علیرزاده، م.ا.، انصاری، ح.، قربانی، م. و بنایان اول، م. ۱۳۹۵. بهینه‌سازی بهره‌وری آب و کارایی انرژی در انتخاب الگوی کشت. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۶(۱۰): ۸۵۹-۸۴۹.
- علیرزاده، ا. و خلیلی، ن. ۱۳۸۸. بررسی بهره‌وری آب-انرژی در زراعت چغندر قند (مطالعه موردی استان خراسان رضوی). مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۲(۳): ۱۲۳-۱۳۶.
- موسوی، س.ح.، پورخسروانی، م. و محمودی محمدآبادی، ط. ۱۳۸۹. گروه‌بندی مقایسه‌ای نیکاهای شمال شرق کویر سیرجان با استفاده از الگوریتم TOPSIS. نشریه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۱(۱): ۸۷-۱۰۵.
- نظری پور، ح.، مسعودیان، س. ا. و کریمی، ز. ۱۳۹۱. بررسی تغییرات فضایی سهم بارش‌های یک‌روزه در تأمین روزهای بارشی و مقدار بارش ایران. مجله فیزیک زمین و فضا. ۳۸(۴): ۲۴۱-۲۵۸.
- Alexandratos N. and Bruinsma J. 2012. World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 revision ESAE Working Paper No. 12-03. FAO. Rome, Italy.
- Allan J. A. 2003. Virtual water-the water, food, and trade nexus useful concept or misleading metaphor? *Journal of Water International*, 28: 106-113.
- Foley J.A., Ramankutty N., Brauman K.A., Cassidy E.S., Gerber J.S., Johnston M., Mueller N.D., O'Connell C., Ray D.K., West P.C., Balzer C., Bennett E.M., Carpenter S.R., Hill J., Monfreda C., Polasky S., Rockström J., Sheehan J., Siebert S., Tilman D. and Zaks D.P.M. 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478: 334-342.
- Foley D., Thenkabail P. S., Anece I. P., Teluguntla P. G. and Oliphant A. J. 2019. A meta-analysis of global crop water productivity of three leading world crops (wheat, corn, and rice) in the irrigated areas over three decades. *International Journal of Digital Earth*, 13(8): 939-975.
- Hwang C.L. and Yoon K. 1981. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. Springer-Verlag, New York.



مدیریت ریسک در واقع پیشگیری، برنامه‌ریزی و ارزیابی برای کاهش و به حداقل رساندن عواقب احتمالی بحران‌هاست که از طریق برنامه‌ریزی حاصل می‌شود. اولین گام برای مقابله با بحران خشکسالی در نواحی مختلف کشور و تعدیل اثرات آن، شناخت و درک واقعیت خشکسالی به ویژه اثرات متقابل پیامدها و علل چندگانه آن است. خشکسالی گسترده بهار ۱۴۰۰ در ایران، نمادی از رویدادهای اقلیمی فرین تحت شرایط تغییر اقلیم است که چالش‌های پیچیده تأمین آب را برای مصارف رقابتی در مناطق مختلف در زمان کمبود شدید برجسته می‌کند. نگرانی روزافزونی در مورد ناکارآمدی شیوه‌های کنونی مدیریت خشکسالی که عمدتاً مبتنی بر مدیریت بحران است، افزایش یافته است. این روش‌ها واکنش‌پذیر هستند و بنابراین فقط علائم (تأثیرات) خشکسالی را بررسی می‌کنند و از بررسی علل اصلی آسیب‌پذیری‌های مرتبط با اثرات آن، غافل‌اند. از طریق اتخاذ سیاست‌های ملی خشکسالی که متمرکز بر مدیریت ریسک هستند و با ارائه برنامه‌های کاهش اثرات خشکسالی یا آمادگی در سطوح مختلف، می‌توان ظرفیت مقابله با خشکسالی را در سطح کشور بهبود بخشید. اکنون زمان اتخاذ رویکردی است که بر اساس آن بتوان بر کاهش خطر خشکسالی تأکید کرد، با توجه به اثرات پیچیده خشکسالی و افزایش فراوانی، شدت و توالی زمانی رخدادهای خشکسالی همراه با تغییر اقلیم نیاز است تا شناختی صحیح از این پدیده مخرب اقلیمی داشت. در این یادداشت، مفاهیم اساسی خشکسالی، اصول و اهداف سیاست‌های خشکسالی و روند برنامه‌ریزی خشکسالی که در تهیه برنامه‌های تعدیل اثرات خشکسالی موثر است، مورد بحث واقع می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** خشکسالی، برنامه مدیریت خشکسالی (DMP)، تغییر اقلیم، منابع آب، ایران.

## مقدمه

دو مورد از مهم‌ترین چالش‌های پیشروی جوامع و دولت‌ها در شرایط فعلی، کاهش پیامدهای مخاطرات هواشناسی/ اقلیمی (DRR)<sup>۱</sup> و سازگاری با تغییر اقلیم (CCA)<sup>۲</sup> است. تغییر اقلیم منجر به تغییر در فراوانی، شدت، گسترش فضایی، مدت و زمان رخدادهای فرین و مخاطرات اقلیمی می‌شود (IPCC<sup>۳</sup>، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۴). خشکسالی از جمله رویدادهای فرین اقلیمی نگران‌کننده‌ای است که فراوانی و شدت آن بطور قابل توجهی در سال‌های اخیر افزایش یافته است (Mubaya و همکاران، ۲۰۱۲؛ Mubaya و Mafongoya، ۲۰۱۷). این افزایش در شدت، مدت و فراوانی خشکسالی یک تهدید جدی برای خانوارها و جوامع فقیر به دلیل وابستگی به فعالیت‌های معیشتی محدود و کشت دیم در معرض خشکسالی ایجاد می‌کند (Nangombe، ۲۰۱۵).

فعالیت‌های مرتبط با DRR و رویکردهای CCA برای سازگاری و کاهش اثرات تغییر اقلیم باید به هم متصل و هماهنگ شوند که توسط UNISDR<sup>۴</sup> و گزارش‌های IPCC تأکید شده است (Mercer و همکاران، ۲۰۱۰؛ IPCC، ۲۰۱۴). این امر از آنجا ناشی می‌شود که اثرات منفی تغییرپذیری و تغییر اقلیم در جوامع، خطر بلایای مرتبط با آن را افزایش می‌دهد که در نتیجه ظرفیت سازگاری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. رویکرد تجزیه و تحلیل آسیب‌پذیری، که در ابتدا برای مطالعات فقر و امنیت غذایی تهیه می‌شد به چارچوبی متحد برای CCA و

DRR تبدیل شده است. در همین راستا گزارش سال ۲۰۱۴، IPCC-SREX ارتباط بین تغییر اقلیم و رخدادهای فرین اقلیمی در زمینه توسعه پایدار (SD) را شناسایی کرده و امروزه به عنوان یک اصل مهم در مطالعات مربوط به سازگاری با تغییر اقلیم مورد توجه قرار گرفته است.

## معمای خشکسالی

خشکسالی از جهات مختلف با سایر مخاطرات طبیعی متفاوت است. خشکسالی یک مخاطره طبیعی است که آهسته شروع می‌شود و اغلب از آن به عنوان یک پدیده خزنده یاد می‌شود. بنابراین، تعیین زمان شروع و پایان خشکسالی دشوار است و دانشمندان و سیاست‌گذاران اغلب برای تعیین معیار اعلام شروع و پایان خشکسالی اختلاف نظر دارند. مهم‌ترین سوالاتی که در این زمینه مطرح است عبارتند از:

- ۱- آیا پایان خشکسالی با بازگشت به بارش نرمال مشخص می‌شود و در این صورت، طی چه مدت زمانی باید بارش نرمال یا بالاتر از حد نرمال باشد تا خشکسالی رسماً پایان یابد؟
- ۲- برای جبران کاهش میزان رطوبت خاک چه بازه زمانی لازم است که کمبودهای بارشی که در طول رخداد خشکسالی به وجود آمده‌اند، تأمین شود؟
- ۳- آیا مخازن و سطح آب زیرزمینی نیاز به بازگشت به شرایط عادی یا متوسط را دارند؟



با افزایش بلایای طبیعی مانند خشکسالی که تحت تأثیر تغییر اقلیم شدت یافته‌اند، عدم قطعیت در دسترسی به منابع آب افزایش می‌یابد. کاهش بارش و افزایش دما می‌تواند موجب کاهش جریان رودخانه‌ها گردد. بنابراین نیازمند توجه بیشتری در تصمیم‌گیری‌ها می‌باشد. فراوانی بالای خشکسالی در کشور ایجاب می‌نماید تا در دوره‌های خشک استراتژی‌های مدیریت بهبود یابند. به این منظور مهم است که روند زمانی-مکانی خشکسالی‌ها تعیین گردد تا بتوان پاسخ کمبود بارش و یا افزایش دما را در منابع آبی و اکوسامانه‌های طبیعی تشخیص داد. برای دستیابی به این مهم لازم است در شاخص‌های خشکسالی از پارامترهای بیلان آب استفاده نمایند. Laaha و Van Loon (۲۰۱۴) خشکسالی را به عنوان کمبود آب در حد نرمال تعریف کردند. با این حال، اکثر محققان تعاریف خود را در ارتباط با شرایط خاص ارائه می‌دهند. گروهی دیگر از پژوهشگران، خشکسالی را کمبود طولانی‌مدت آب سطحی و زیرسطحی که بر عملکرد اکوسامانه‌های طبیعی تأثیر می‌گذارد، تعریف کردند (Yaduvanshi و همکاران، ۲۰۱۵). با این حال، در بیش‌تر این تعاریف کمبود بارش یا محتوای رطوبت یا تقاضای

## چارچوب مفهومی: دانش بومی محلی، کاهش خطر بلایا و رابطه سازگاری با تغییر اقلیم

خشکسالی پدیده‌ای جدید نیست و سال‌های سال است که در ایران و سایر مناطق جهان اتفاق افتاده است؛ بطوریکه راوندی (۱۳۹۳) در کتاب تاریخ اجتماعی ایران ابراز داشته است که قحطی ناشی از کم‌آبی در ایران سابقه چند هزار ساله دارد. همچنین گزارش‌های بسیاری از خشکسالی‌های ایران در کتب تاریخی و اسناد موجود وجود دارد که می‌توان به خشکسالی‌های سال ۲۸۰ هجری قمری در ری و طبرستان، سال ۴۳۴ هجری قمری در اصفهان، سال ۱۷۱۷ هجری قمری در اصفهان و سال‌های ۱۱۱ و ۲۲۰ هجری قمری در خراسان اشاره کرد. در سال‌های اخیر نیز ایران با خشکسالی‌های بزرگی مواجه شده است، بطوریکه خشکسالی‌های ۱۳۷۲-۱۳۶۳ و ۱۳۸۰-۱۳۷۷ از آن دسته هستند. آنچه که باعث توجه به این پدیده اقلیمی در سال‌های اخیر شده است، افزایش دفعات وقوع آن است. این امر نشان می‌دهد که از زمان‌های بسیار قدیم خشکسالی وجود داشته و پیشینیان ما برای محافظت از فعالیت‌های معیشتی خود از روش‌هایی همچون ایجاد استخرهای ذخیره آب، اندودکردن جوی‌ها و نهرها با خاک رس، حذف ریشه‌های سطحی، هرس شدید درختان در مواقع خشکسالی، ماله‌زنی و دیسک زدن خاک پس از آبیاری، استفاده از کاه و کلش در موقع آبیاری برای مقابله با

آب ذکر نشده است، بلکه آنها بر کمبودهای آب‌های زیر سطحی و سطحی تمرکز کردند. این نوع کمبود طولانی‌مدت آب، منجر به خشکسالی می‌شود. با این حال باید در نظر داشت که بارش ناکافی عامل اصلی ایجاد خشکسالی است، در حالی که شدت آن به زمان، توزیع و شدت بارش بستگی دارد (Vicente-Serrano و همکاران، ۲۰۱۲).

## آسیب‌پذیری در برابر خشکسالی

هیات بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) (۲۰۱۴) آسیب‌پذیری را به عنوان آستانه تعریف می‌کند که یک سامانه (طبیعی یا انسانی) در برابر آسیب‌های ناشی از تغییر اقلیم مقاومت می‌کند. در حالی که Vicente-Serrano و همکاران (۲۰۱۲) آسیب‌پذیری در برابر خشکسالی را تاب‌آوری یک منطقه در برابر خشکسالی تعریف کردند. مطالعات دیگر (Burke و Brown، ۲۰۰۸؛ Zarafshani و همکاران، ۲۰۱۲) در خصوص آسیب‌پذیری اقلیمی خاطرنشان کردند که آسیب‌پذیری تابعی از حساسیت یک سامانه به تغییر و میزان پاسخگویی آن سامانه به تغییرات اقلیمی است، حال چه مثبت باشد و یا چه منفی.

آن استفاده می‌کردند. برخی از این استراتژی‌ها هنوز قابل استفاده هستند و برای کاهش خطر و سازگاری با خشکسالی و تغییرپذیری اقلیم مورد استفاده قرار می‌گیرند. در حالی که اجرای برخی از استراتژی‌های بومی در شرایط فعلی ممکن است دشوار باشد. دانش بومی باعث استفاده از منابع محلی موجود می‌شود که در دسترس بسیاری از خانوارها قرار دارد و از این رو در هنگام مواجهه با رخدادهای فرین اقلیم برای کمک به آن‌ها استفاده می‌شود (Nyamwanza، ۲۰۱۴). بنابراین، درک شیوه‌های محلی در ارزیابی چگونگی استفاده خانوارها از دانش و منابع محلی برای کاهش خطر و مقابله و سازگاری با رخدادهای مکرر خشکسالی، نقشی محوری دارد (Theodory، ۲۰۱۴).

شیوه‌های کاهش خطر و سازگاری با خشکسالی می‌تواند با تغییر در استراتژی‌ها، آسیب‌پذیری را کاهش دهد و یا می‌تواند به طور مستقیم مشکلات را برطرف کند (England و همکاران، ۲۰۱۸). با این حال، برخی از برنامه‌های معرفی شده برای سازگاری ممکن است بر فعالیت‌های معیشتی موجود در جامعه به دلیل عدم سازگاری تأثیر منفی بگذارد و در نتیجه آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات اقلیمی را افزایش می‌دهد. با روند فعلی تغییرپذیری اقلیم و خشکسالی‌های پی در پی، برخی معتقدند که تلفیق شیوه‌های سنتی و به‌روز، بهترین گزینه برای سازگاری و مقابله با این پدیده است (Shiferaw و همکاران، ۲۰۱۴).

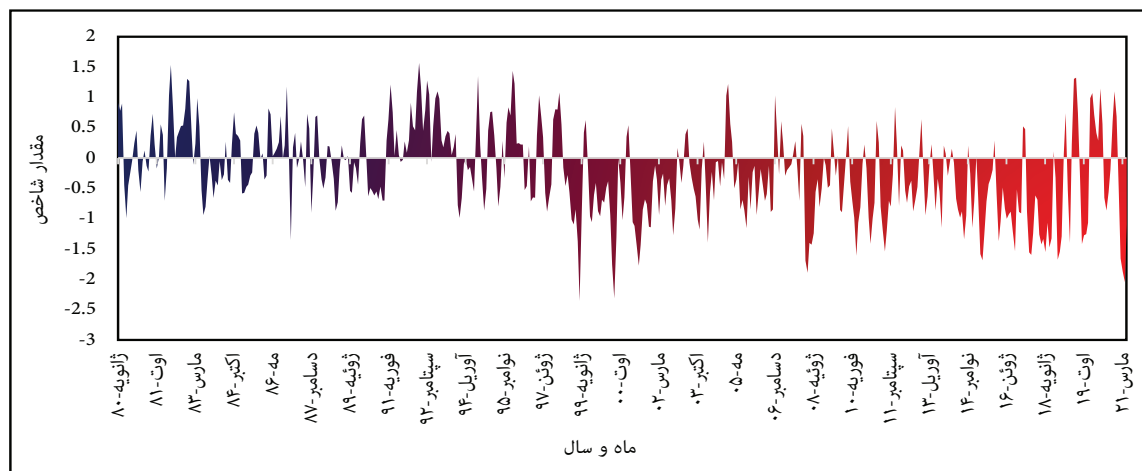
سازگاری با تغییر اقلیم در سال‌های اخیر چالش‌های عمده جهانی را به وجود آورده است (Ford و همکاران، ۲۰۱۱). سازگاری اقلیمی به عنوان تغییر یا تعدیل سامانه‌ها در پاسخ به محرک‌های غیر منتظره اقلیمی و تأثیرات آن‌ها یاد می‌شود. بیشتر مواردی که با عنوان چالش‌های سازگاری از آن یاد می‌شود، موارد جدیدی نیستند؛ چرا که انسان مدت زیادی است که از تغییرپذیری شدید اقلیمی در دوره‌های تاریخی جان سالم به در برده است. تغییر اقلیم یک روند مداوم است و جوامع، سازمان‌ها و افراد با تغییر اقلیم گذشته سازگار شده‌اند. با این حال، بسیاری اکنون در حال تعدیل/تغییر شرایط اقلیمی آینده از طریق اقدامات پیشگیرانه هستند (Savo و همکاران، ۲۰۱۶). سازگاری شامل کنش‌هایی از جنبه‌های مختلف جامعه، افراد، گروه‌ها و دولت‌ها است (Smit و همکاران، ۲۰۰۰).

### وضعیت خشکسالی ایران از ژانویه ۲۰۲۱ تا پایان ماه می ۲۰۲۱

زمستان گذشته و بهار فعلی یکی از خشک‌ترین فصول برای متوسط کل کشور بوده است. در این بررسی، برای نمایش واقع‌بینانه از وضعیت خشکسالی ایران به دلیل کمبود ایستگاه‌ها در مناطق مرتفع و کویرهای خشک داخلی از معتبرترین و به روزترین منابع داده‌های اقلیمی استفاده گردید. برای میانگین دما از مجموعه داده‌های بازتحلیل شبکه‌ای NOAA-NCEP-CPC GHCN\_

CAMS و برای بارش، از داده‌های بارش ماهانه پایگاه مرکز اقلیم‌شناسی بارش جهانی (GPCC) استفاده گردید. تفکیک افقی داده‌های CPC، ۵/۰ و داده‌های GPCC، ۱ درجه قوسی است که برای سهولت، داده‌های ۵/۰ درجه به ۱ درجه شبکه‌بندی مجدد شدند. برای محاسبه دقیق خشکسالی‌ها نیز از شاخص بارش-تبخیر و تعرق استاندارد شده (SPEI) استفاده شد. این شاخص براساس بارش و تبخیر و تعرق پتانسیل، بیلان آب را در محاسبه شاخص خشکسالی لحاظ می‌نماید و از این جهت یک شاخص دقیق در مطالعات خشکسالی است.

شاخص SPEI برای متوسط کشور در شکل (۱) نشان داده شده است. همانطور که در شکل نیز دیده می‌شود به جز برای محدود سال‌هایی همانند سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ که ترسالی داشته است، کشور در یک دهه گذشته وارد یک دوره خشکسالی فراگیر شده است. با شروع فصل بهار (ماه آوریل ۲۰۲۱) ایران وارد یک فاز خشکسالی گسترده شده است، بطوریکه شاخص برای متوسط کل ایران مقدار «خشکسالی بسیار شدید» را نشان داده است. با نگاهی گذرا به نمودار زیر می‌توان دریافت که عمده ترسالی‌های کشور تا ژوئن ۱۹۹۷ بوده است. در حالت متوسط کشور با شروع سال ۱۹۹۹ تا اوایل سال ۲۰۱۹ وارد یک فاز خشکسالی بزرگ شده و پس از بارش‌های خوب سال ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ مجدد وارد یک فاز خشکسالی بی‌سابقه شده است.



شکل ۱- وضعیت بلندمدت متوسط کل کشور برای شاخص بارش-تبخیر و تعرق استاندارد شده (SPEI) در ایران

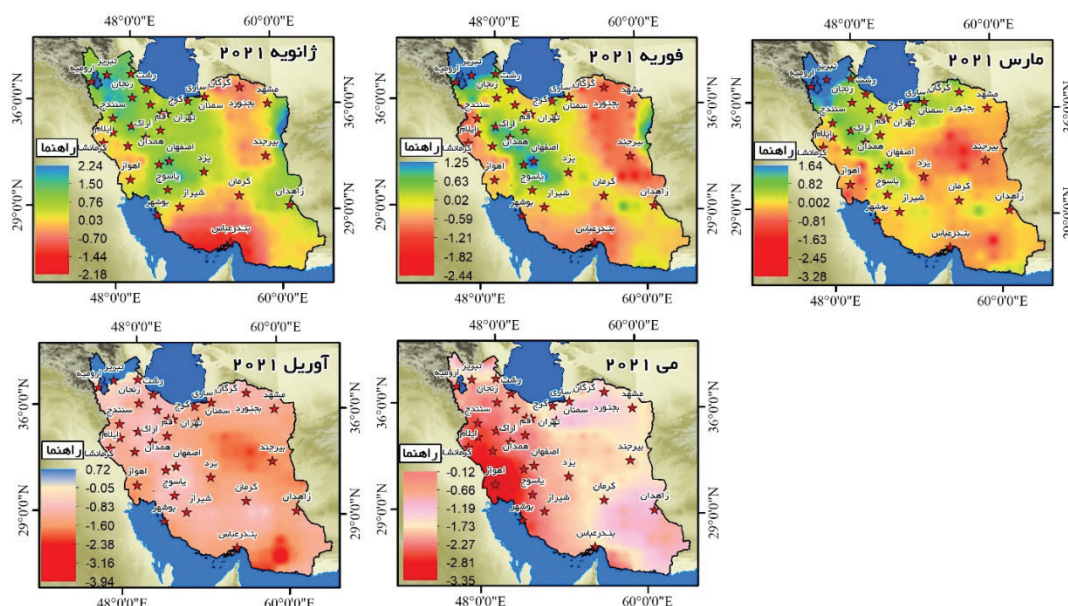
بیشینه شدت خشکسالی را نشان داده است. بیشینه شاخص خشکسالی در فصل زمستان در ماه مارس با مقدار ۳/۲۸- اتفاق افتاده است. از ژانویه تا آوریل شاخص در شمال غربی ایران مقدار مثبت را نشان داده است.

بیلان بارش-تبخیر و تعرق در ماه آوریل (شکل ۲) فقط در قسمت‌های کوچکی از شمال غرب ایران مثبت می‌باشد، اما در سایر مناطق شاهد منفی بودن شاخص بارش-تبخیر و تعرق

شکل (۲) نقشه پهنه‌بندی شده وضعیت خشکسالی ایران را با شاخص SPEI برای ژانویه تا می ۲۰۲۱ بر اساس داده‌های CPC و GPCC در ایران نشان می‌دهد. از ابتدای زمستان سال ۲۰۲۱ تا پایان ماه می ۲۰۲۱ خشکسالی کل ایران را گرفته است؛ بطوریکه در ماه می شاخص SPEI در کل کشور منفی شده است (شاخص بین ۰/۱۲- تا ۳/۳۵- است). در سه ماه فصل زمستان شاخص در شمال شرقی ایران و مناطق جنوبی

هستیم. در ماه می خشکسالی بسیار شدید را بر اساس شاخص SPEI در اکثر نقاط ایران شاهد هستیم. این ماه در مناطق جنوب غربی و غربی ایران بیشینه مقدار منفی شاخص را با

آستانه فوق العاده خشک شاهد هستیم. در این ماه شاخص در مناطق غربی مازندران و گیلان کاهش زیادی را نشان داده است که نشان دهنده خشکسالی شدید می باشد.



شکل ۲- شاخص بارش- تبخیر و تعرق استاندارد شده (SPEI) با استفاده از داده های CPC و GPCC

### برنامه مدیریت خشکسالی (DMP) ابزاری برای اجرای سیاست های واکنشی و ریسک خشکسالی

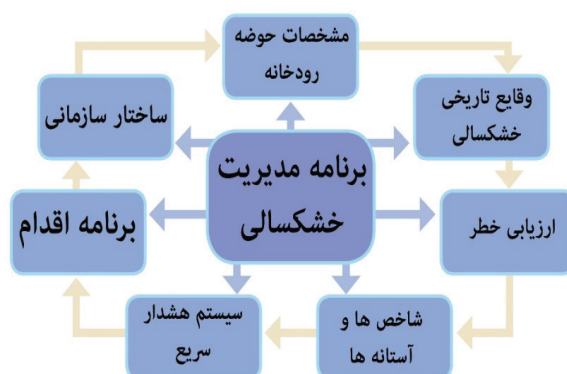
برنامه مدیریت خشکسالی (DMP) ابزاری برای اجرای سیاست های مقابله با خشکسالی براساس روش کاهش ریسک است. توسعه DMP یک گام اساسی در روند مدیریت خشکسالی و ارائه راهکارها و دستورالعمل ها است. اجرای اصلی DMP در شکل (۳) نشان داده شده است.

سه مولفه زیر از هفت مولفه فوق از عناصر اصلی چارچوب DMP محسوب می شوند که نیاز است در شرایط وقوع خشکسالی (همانند شرایط فعلی که کشور درگیر آن است) مورد توجه قرار گیرند.

- شاخص های خشکسالی و آستانه های طبقه بندی خشکسالی و سامانه هشدار سریع خشکسالی
- اقدامات لازم برای دستیابی به اهداف خاص در هر مرحله از خشکسالی
- چارچوب سازمانی برای مدیریت خشکسالی

تدوین دستورالعمل برای تهیه برنامه های مدیریت خشکسالی (DMP) نیاز به یک چارچوب مفهومی روشن و توافق شده برای مدیریت خشکسالی و تعاریف مربوط به آن بر اساس هفت مولفه فوق دارد. در حال حاضر دو رویکرد اساسی برای مدیریت خشکسالی از سوی سازمان هواشناسی جهانی (WMO) ارائه شده است که لزوم بکارگیری آن در سطح کشور بیش از پیش احساس می شود.

رویکرد واکنشی مبتنی بر مدیریت بحران: این رویکرد در برگیرنده اقداماتی است که پس از شروع و درک یک رخداد خشکسالی صورت می گیرد. این رویکرد در شرایط اضطراری اتخاذ شده و غالباً منجر به راهکارهای ناکارآمد فنی و اقتصادی می شود، زیرا اقدامات بکار رفته در یک بازه زمانی کم برای



شکل ۳- عناصر یک برنامه مدیریت خشکسالی (منبع: سازمان هواشناسی جهانی، ۲۰۱۹)

ارزیابی گزینه‌های بهینه انجام می‌شود و مشارکت ذینفعان و آسیب‌پذیران خشکسالی را بسیار محدود می‌سازد.

**رویکرد پیشگیرانه مبتنی بر مدیریت ریسک خشکسالی:**  
این رویکرد شامل کلیه اقداماتی است که از قبل با ابزارهای برنامه‌ریزی مناسب و مشارکت ذینفعان طراحی می‌شود. رویکرد پیشگیرانه مبتنی بر اقدامات کوتاه‌مدت و بلندمدت است و شامل سامانه‌های نظارتی برای هشدار به موقع شرایط خشکسالی است. در حقیقت این یک رویکرد فعال شامل برنامه‌ریزی‌های اقدام لازم برای پیشگیری یا به حداقل رساندن تأثیرات خشکسالی، پیش از وقوع آن است.

در نهایت ایجاد کمیته اضطرار خشکسالی باید به عنوان یک کمیته دائمی با حکمی از سوی دولت ایجاد شود. وظایف اصلی کمیته می‌تواند در برگیرنده موارد زیر باشد:

۱- هماهنگی و نظارت بر روند توسعه سیاست ملی خشکسالی (در مرحله اولیه)؛

۲- طراحی و عملیاتی نمودن نظارت بر خشکسالی؛

۳- طراحی و بهره‌برداری از سامانه هشدار سریع خشکسالی؛

۴- ارائه اطلاعات دقیق و به موقع به مردم ارائه شود (همانند برداشت از منابع آبی، تغییر الگوی کشت، چرای دام و ...)

۵- مبنا قرار دادن حوضه رودخانه‌ها به جای مرز سیاسی (استان، شهرستان و حتی کشور).

## نتیجه‌گیری

تغییرات در شدت بارش می‌تواند نسبت بیلان منطقه‌ای آب را تغییر دهد که موجب تغییر رژیم هیدرولوژیکی می‌گردد. بررسی نحوه تغییر شرایط خشکسالی براساس تغییر اقلیم از جنبه‌های گوناگون حائز اهمیت است. زیرا در بسیاری از برنامه‌های بلندمدت لازم است که چشم‌اندازی از وضعیت آینده بارش و دوره‌های خشکسالی و ترسالی برای منطقه ترسیم شود. این پیچیدگی‌ها نشان می‌دهد که تحقیقات خشکسالی به ویژه با در نظر گرفتن گرمایش جهانی با ابداع شاخص‌هایی که توانایی پایش خشکسالی را براساس پارامترهای مؤثر داشته باشد، ضروری است.

بررسی‌های انجام شده در این تحقیق با استفاده از داده‌های جهانی CPC و GPCC، روند افزایشی خشکسالی در ایران را نشان می‌دهد. همچنین افزایش وسعت مکانی و نیز تغییرات مکانی خشکسالی‌ها نیز از دیگر مشخصه‌های این پدیده مخرب اقلیمی در ایران است. این روند می‌تواند هشدارهای در زمینه‌های مختلف از جمله کشاورزی، معیشت، صنایع و ... و نیز مخاطرات طبیعی حاصل از این تغییرات مانند وقوع طوفان‌های گرد و غباری در مناطق جدید و تشدید

آن در مناطقی مانند یزد، اصفهان، خوزستان و سیستان و بلوچستان باشد.

این یادداشت مروری بر مفهوم و اصول کلیدی سیاست خشکسالی را ارائه داده است و یک فرایند یا الگویی برای توسعه سیاست‌های ملی خشکسالی و برنامه‌های آمادگی ارائه داده است که سازمان‌ها می‌توانند با استفاده از آن برای بهبود سطح آمادگی خود در برابر خشکسالی، با هدف نهایی کاهش جامعه آسیب‌پذیری در برابر این خطر طبیعی فراگیر، از آن استفاده نمایند. تعاریف، مفاهیم و روند برنامه مدیریت خشکسالی (DMP) توصیف شده در این یادداشت یک فرایند عمومی تلقی می‌شود که می‌تواند متناسب با ظرفیت نهادی کنونی استان‌ها اعم از استان‌های برخوردار و کم برخوردار سازگار باشد. تدوین سیاست ملی خشکسالی و حمایت از برنامه‌های آمادگی باید به عنوان یک روند مداوم مورد ارزیابی قرار گیرد، به طور مداوم موفقیت‌ها و شکست‌ها (یا کاستی‌ها) در سیاست‌ها و برنامه‌ها ارزیابی شود و در صورت لزوم تغییرات مناسب ایجاد شود. در نهایت برای جمع‌بندی و به منظور برون‌رفت از بحران خشکسالی فراگیر در کشور، گام‌های زیر که در پایگاه مرکز ملی کاهش خشکسالی (NDMC) نیز با جزئیات کامل مورد بحث قرار گرفته، برای ایجاد یک برنامه مدیریت خشکسالی (DMP) توصیه می‌شود:

۱- یک گروه ویژه خشکسالی ایجاد شود؛ ۲- اهداف طرح ملی خشکسالی بیان شود؛ ۳- به دنبال مشارکت ذینفعان و حل تعارض باشد؛ ۴- شناسایی منابع موجود و گروه‌های در معرض خطر؛ ۵- تهیه طرح خشکسالی؛ ۶- شناسایی نیازهای تحقیق و خلاءهای دانشگاهی؛ ۷- ادغام علم و سیاست؛ ۸- فرهنگ‌سازی طرح‌های تعدیل اثرات خشکسالی در سطح جامعه، ایجاد آگاهی و اجماع عمومی؛ ۹- تدوین برنامه‌های آموزشی و ۱۰- ارزیابی و بازنگری طرح کاهش اثرات خشکسالی

در نهایت پیشنهاد می‌شود که تحقیقات در زمینه بهبود مدیریت مصرف آب در مناطق مختلف کشور اجرایی شود. این تحقیقات بخصوص در حوزه کشاورزی که بیشترین سهم مصرف آب و نیز اتلاف آن در ایران را دارد، انجام گیرد. همچنین توصیه می‌شود، تغییرات و بهبودهایی در زمینه نوع کشت، مکان‌یابی، سامانه‌های آبیاری نوین، زهکشی و ... انجام پذیرد.

## پی‌نوشت

1-Disaster Risk Reduction

2-Climate Change Adaptation

3-Intergovernmental Panel on Climate Change

4-United Nations Office for Disaster Risk Reduction



- of the Regional Workshops on Capacity Development to Support National Drought Management Policies for Eastern and Southern Africa and the Near East and North Africa Regions, Addis Ababa, Ethiopia (pp. 5-8).
- Nyamwanza A. M. 2014. Bridging policy and practice for livelihood resilience in rural Africa: lessons from the mid-Zambezi Valley, Zimbabwe. *Journal of Rural and Community Development*, 9(4), 23-33.
- Savo, V., Lepofsky, D., Benner, J. P., Kohfeld, K. E., Bailey, J., & Lertzman, K. 2016. Observations of climate change among subsistence-oriented communities around the world. *Nature Climate Change*, 6: 462-473.
- Shiferaw B., Tesfaye K., Kassie M., Abate T., Prasanna B. M. & Menkir A. 2014. Managing vulnerability to drought and enhancing livelihood resilience in sub-Saharan Africa: Technological, institutional and policy options. *Weather and Climate Extremes*, 3: 67-79.
- Smit, B., Burton, I., Klein, R. J., & Wandel, J. 2000. An anatomy of adaptation to climate change and variability. In *Societal adaptation to climate variability and change*, 43: 223-251.
- Theodory T. F. 2014. Indigenous knowledge as a base of climate change adaptation: Perspectives from community living along Ngono River Basin, Tanzania. In 14th EADI general Conference (pp. 23-26).
- Van Loon A. F. & Laaha, G. 2014. Hydrological drought severity explained by climate and catchment characteristics. *Journal of hydrology*, 526: 3-14.
- Vicente-Serrano S. M., Beguería S., Gimeno L., Eklundh L., Giuliani G., Weston D., ... & Pegram G. G. 2012. Challenges for drought mitigation in Africa: The potential use of geospatial data and drought information systems. *Applied Geography*, 34: 471-486.
- Yaduvanshi A., Srivastava P. K., & Pandey A. C. 2015. Integrating TRMM and MODIS satellite with socio-economic vulnerability for monitoring drought risk over a tropical region of India. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 83: 14-27.
- Zarafshani K., Sharafi L., Azadi H., Hosseininia G., De Maeyer P., & Witlox F. 2012. Drought vulnerability assessment: The case of wheat farmers in Western Iran. *Global and Planetary Change*, 98: 122-130.
- راوندی، م. ۱۳۹۳. تاریخ اجتماعی ایران - جلد اول: تاریخ اجتماعی ایران و کهن‌ترین ملل باستانی از آغاز تا اسلام، نشر نگاه، ۸۰۰ص، تهران.
- Burke E. J., & Brown S. J. 2008. Evaluating uncertainties in the projection of future drought. *Journal of Hydro-meteorology*, 9(2): 292-299.
- England M. I., Dougill A. J., Stringer L. C., Vincent K. E., Pardoe J., Kalaba F. K., ... & Afionis S. 2018. Climate change adaptation and cross-sectoral policy coherence in southern Africa. *Regional Environmental Change*, 18(7): 2059-2071.
- Ford, J. D., Berrang-Ford, L., & Paterson, J. 2011. A systematic review of observed climate change adaptation in developed nations. *Climatic change*, 106: 327-336.
- IPCC. 2012. Summary for policymakers in: Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation, A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge and New York, NY, pp. 3-21.
- IPCC. 2014. Summary for policymakers in: Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability part A: Global and sectoral aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge.
- Mercer J. 2010. Disaster risk reduction or climate change adaptation: are we reinventing the wheel?. *Journal of International Development: The Journal of the Development Studies Association*, 22(2): 247-264.
- Mubaya C. P., & Mafongoya P. 2017. Local-level climate change adaptation decision-making and livelihoods in semi-arid areas in Zimbabwe. *Environment, development and sustainability*, 19(6): 2377-2403.
- Mubaya C. P., Njuki J., Mutsvangwa E. P., Mugabe F. T., & Nanja D. 2012. Climate variability and change or multiple stressors? Farmer perceptions regarding threats to livelihoods in Zimbabwe and Zambia. *Journal of environmental management*, 102: 9-17.
- Nangombe S. S. 2015. August. Drought conditions and management strategies in Zimbabwe. In *Proceedings*



# In the Name of Allah

## Journal of Water and Sustainable Development



Volume 8 - Issue 1 (Serial No. 19) - Spring 2021

Due to certificate no. 3/18/126631 dated 20/9/2015 from the scientific publications review Commission of the Ministry of Science, Research and Technology and also Due to registration number no76766 dated 25/1/2016 from the Ministry of Culture and Islamic Guidance, this journal has been licensed to publish.

Grantee  
Manager in Charge  
Editor in Chief

College of Agriculture , Ferdowsi University of Mashhad, Iran  
Shahnooshi Foroushani, N. Prof., Ferdowsi University of Mashhad  
Ghahraman, B. Prof., Ferdowsi University of Mashhad

Editorial Board

Alidadi, H. Prof., Mashhad University of Medical Sciences  
Ansari, H. Prof., Ferdowsi University of Mashhad  
Bagheri, A. Asso. Prof., Tarbiat Modares University  
Davary, K. Prof., Ferdowsi University of Mashhad  
Esmaili, K. Asso. Prof., Ferdowsi University of Mashhad  
Jolaini, M. Asso. Prof., Agricultural and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi  
Nassery, H.R. Prof., Shahid Behesti University, Tehran

Guiding Council

Sayahi, A., Assistance of research and industrial relations center of National Water and Wastewater Engineering Company (Chairman of the council)  
Esmailian, H., Managing director of Mashhad Water & Wastewater Company  
Alaei, M., Managing director of Khorasan Razavi Province's Regional Water Company  
Mousavi, S. Y., Secretary of water Think tank at Iran Water Resources Management Company  
Shahnooshi Foroushani, N., Manager in charge  
Ghahraman, B., Editor in chief

Advisory Editors

Noori Esfandiari, A., Representative of water Think tank at Iran Water Resources Management Company  
Sajadifar, S.H., Representative of National Water & Wastewater Company  
Ghezelsoflo, A.A. Assis. Prof., Islamic Azad University of Mashhad  
Kolahi, M., Ferdowsi University of Mashhad  
Kalaei, GH., Representative of Mashhad Water & Wastewater Company  
Tavakoli Aminian, S., Representative of Mashhad Water & Wastewater Company

Executive Expert  
Editor  
Graphic  
Order of publication  
Publisher  
ISSN  
Website/E-Mail  
Address  
Sponsor

Shahedi, M., Talebi Hossein Abad, F.  
Quchanian, M., Shahedi, M., Oskouhi, M.  
Shaikhi, M.R.  
Quarterly  
Ferdowsi University of Mashhad  
2423-5474  
<https://jwsd.um.ac.ir/> Email: [jwsd@um.ac.ir](mailto:jwsd@um.ac.ir)  
Department of Water Engineering, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. P.O.Box: 91775- 1163  
Mashhad Water & Wastewater Company

The full text of the articles can be downloaded on the website

### Articles in issue:

- **Analysis of Governance Theories and Water Resources Management in Iran**  
M. Oskouhi, K. Esmaili
- **Investigation of Water Consumption with Water and Energy Nexus Approach in Iranian Combined Cycle Power Plants**  
S. Ghodrati, N. Kargari, F. Farsad, A.H. Javid, A.R. Kani
- **Natural Resources Stakeholders**  
M. Kolahi
- **Goal and Goal Setting in Strategic Planning, Case study: Qom Water and Wastewater Company**  
A.J. Sadeghpour, A.H. Motahari, A. Nejabatkhsh Esfahani
- **Investigating the Barriers to Sustainable Management of Agricultural Water Resources from the Viewpoint of Wheat Farmers in Maragheh**  
F. Kazemiyeh, A. Eidi, Sh. Zarifian
- **Recognition and Prioritization of the Economic, Social and Environmental Consequences of Drying of Lake Urmia in the Surrounding Villages**  
M. Amini, H. Kouhestani, F. Kazemiyeh
- **Solar Power Applications in Water and Wastewater Treatment Systems: a Review with Focus on the Current Status of Iran's NWW Co.**  
A.R. Mahmoudi, M. Soltani asl, B. Taghizadeh Darban
- **Investigation of the Effect of Irrigation with Urban Wastewater on Growth Indices of Green Space Species in Tehran (Nerium Oleander and Festuca)**  
S. Partani, A. Mahmoudi Mozafar
- **Increasing Water Use Efficiency in Mechanized Wheat Cultivation Using in-Furrow Seed Drill in Saline Soils Conditions**  
A. Reshadsedghi, R. Nikanfar
- **Investigation of crop cultivation pattern of Semnan and Ilam provinces by emphasizing the role of virtual water in water productivity**  
R. Pouran, H. Raghfar



## Successful Drought Policy

