



دانشگاه شاهرود

# مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی

دکتر محبوبه ابراهیمی    دکتر نگار نورمهناد    دکتر بابک مومنی

امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه ملی، که یک واجب دینی است.<sup>۱</sup>

### مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پر بار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه مطالعه هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین

---

۱. پیام مقام معظم رهبری به مناسبت آغاز هفته کتاب ۷۲/۱۰/۴

سوره‌ای که بر آن فرستاده عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «إِقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره جغرافیایی ایران‌شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگاه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

## فهرست مطالب

|                                                           |       |
|-----------------------------------------------------------|-------|
| پیشگفتار.....                                             | یازده |
| فصل اول. مقدمه‌ای بر مدیریت آب و آبیاری.....              | ۱     |
| هدف کلی.....                                              | ۱     |
| هدف‌های یادگیری.....                                      | ۱     |
| مقدمه.....                                                | ۱     |
| ۱-۱ نگاهی به پیشینه مدیریت آب در ایران.....               | ۲     |
| ۲-۱ منابع آب جهان و ایران.....                            | ۷     |
| ۳-۱ اصول مدیریت منابع آب.....                             | ۹     |
| ۴-۱ بحران آب و لزوم مدیریت منابع آب.....                  | ۱۰    |
| ۱-۴-۱ تعیین الگوی کشت.....                                | ۱۳    |
| ۲-۴-۱ کم آبیاری و آبیاری بخشی.....                        | ۱۴    |
| ۳-۴-۱ مدیریت یکپارچه آب.....                              | ۱۵    |
| خلاصه فصل اول.....                                        | ۱۶    |
| خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول.....                       | ۱۷    |
| خودآزمایی تشریحی فصل اول.....                             | ۱۹    |
| فصل دوم. آشنایی با سیمای کلی شبکه‌های آبیاری و زهکشی..... | ۲۱    |
| هدف کلی.....                                              | ۲۱    |
| هدف‌های یادگیری.....                                      | ۲۱    |
| مقدمه.....                                                | ۲۱    |
| ۱-۲ تأسیسات آبیاری.....                                   | ۲۲    |

|    |                                                 |
|----|-------------------------------------------------|
| ۲۲ | ۲-۲ منبع تأمین آب.....                          |
| ۲۳ | ۱-۲-۲ آب‌های زیرزمینی.....                      |
| ۲۵ | ۲-۲-۲ آب‌های سطحی.....                          |
| ۲۵ | ۳-۲ شبکه آبیاری.....                            |
| ۲۸ | ۱-۳-۲ شبکه اصلی آبیاری.....                     |
| ۲۸ | ۱-۱-۳-۲ کانال آب‌رسان یا اصلی.....              |
| ۲۸ | ۲-۱-۳-۲ کانال درجه یک.....                      |
| ۲۸ | ۳-۱-۳-۲ کانال درجه دو یا کانال توزیع‌کننده..... |
| ۲۹ | ۲-۳-۲ شبکه فرعی آبیاری.....                     |
| ۲۹ | ۱-۲-۳-۲ کانال درجه سه یا کانال فرعی.....        |
| ۲۹ | ۲-۲-۳-۲ کانال درجه چهار یا کانال مزرعه.....     |
| ۳۰ | ۳-۲-۳-۲ کانال درجه پنج یا کانال قطعه زراعی..... |
| ۳۰ | ۴-۲ شبکه زهکشی.....                             |
| ۳۰ | ۱-۴-۲ خروجی نهائی.....                          |
| ۳۰ | ۲-۴-۲ شبکه زهکش‌های سطحی.....                   |
| ۳۱ | ۱-۲-۴-۲ زهکش اصلی انتقال.....                   |
| ۳۱ | ۲-۲-۴-۲ زهکش درجه یک.....                       |
| ۳۱ | ۳-۲-۴-۲ زهکش درجه دو.....                       |
| ۳۱ | ۴-۲-۴-۲ زهکش درجه سه روباز.....                 |
| ۳۲ | ۵-۲-۴-۲ زهکش درجه چهار روباز.....               |
| ۳۲ | ۳-۴-۲ شبکه زهکش‌های زیرزمینی.....               |
| ۳۲ | ۴-۴-۲ زهکش‌های موازی.....                       |
| ۳۳ | ۵-۴-۲ زهکش حائل.....                            |
| ۳۳ | ۶-۴-۲ زهکش جمع‌کننده.....                       |
| ۳۴ | ۷-۴-۲ زهکش جانبی.....                           |
| ۳۴ | ۸-۴-۲ زهکشی با چاه یا زهکش قائم.....            |
| ۳۴ | ۵-۲ سازه‌های آبیاری و زهکشی.....                |
| ۳۵ | ۱-۵-۲ سازه‌های آبگیری.....                      |
| ۳۷ | ۲-۵-۲ سازه‌های تقاطعی.....                      |
| ۳۸ | ۳-۵-۲ سازه‌های استهلاک انرژی.....               |
| ۳۸ | ۴-۵-۲ سازه‌های حفاظتی.....                      |
| ۳۹ | ۵-۵-۲ سازه‌های ایمنی.....                       |
| ۳۹ | ۶-۵-۲ سازه‌های جانبی.....                       |
| ۳۹ | خلاصه فصل دوم.....                              |
| ۴۰ | خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل دوم.....             |
| ۴۱ | خودآزمایی تشریحی فصل دوم.....                   |

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| فصل سوم. اصول هدایت و مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی.....            | ۴۳ |
| هدف کلی.....                                                         | ۴۳ |
| هدف‌های یادگیری.....                                                 | ۴۳ |
| مقدمه.....                                                           | ۴۳ |
| ۱-۳ هدف‌های مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی.....                      | ۴۴ |
| ۲-۳ طراحی شبکه‌های آبیاری و مدیریت آن‌ها با کمترین هزینه.....        | ۴۵ |
| ۳-۳ بهره‌برداری از شبکه و تأمین نیاز آب بران.....                    | ۴۶ |
| ۴-۳ نگهداری شبکه.....                                                | ۴۷ |
| ۵-۳ مدیریت توزیع آب در شبکه.....                                     | ۴۷ |
| ۶-۳ سطوح مدیریتی.....                                                | ۴۸ |
| ۱-۶-۳ سطح صفر: شبکه‌های کلان.....                                    | ۴۸ |
| ۲-۶-۳ سطوح ۱ و ۲: شبکه انتقال (اصلی).....                            | ۴۸ |
| ۳-۶-۳ سطح ۳: شبکه توزیع.....                                         | ۴۹ |
| ۴-۶-۳ سطح ۴: سازه‌های آبی، بلوک و گروه مزارع.....                    | ۴۹ |
| ۷-۳ حفاظت از آب در داخل و خارج از سطح مزرعه.....                     | ۴۹ |
| ۱-۷-۳ مدیریت انتقال آب به مزرعه.....                                 | ۴۹ |
| ۲-۷-۳ مدیریت مصرف آب در مزرعه.....                                   | ۵۰ |
| ۸-۳ برنامه بهره‌برداری شبکه‌های آبیاری.....                          | ۵۱ |
| ۹-۳ مدیریت آب براساس روش آبیاری.....                                 | ۵۴ |
| ۱-۹-۳ آبیاری سطحی.....                                               | ۵۵ |
| ۲-۹-۳ آبیاری بارانی.....                                             | ۵۵ |
| ۳-۹-۳ آبیاری قطره‌ای.....                                            | ۵۶ |
| ۱۰-۳ روش‌های مشارکت آب بران در مدیریت شبکه‌های آبیاری.....           | ۵۶ |
| ۱۱-۳ مفهوم انتقال مدیریت آبیاری.....                                 | ۵۷ |
| ۱-۱۱-۳ عزم جهانی برای انتقال مدیریت آبیاری.....                      | ۵۷ |
| ۲-۱۱-۳ همگرایی بر اصول انتقال مدیریت آبیاری.....                     | ۵۸ |
| ۳-۱۱-۳ انگیزه‌های پذیرش انتقال مدیریت آبیاری.....                    | ۵۹ |
| ۴-۱۱-۳ عوامل عدم موفقیت برنامه‌های انتقال مدیریت آبیاری در جهان..... | ۶۰ |
| ۵-۱۱-۳ اختیارات و وظایف واگذار شده.....                              | ۶۱ |
| ۶-۱۱-۳ سطح انتقال مدیریت.....                                        | ۶۲ |
| ۱۲-۳ ساختار مدیریتی پس از واگذاری سامانه آبیاری.....                 | ۶۲ |
| ۱۳-۳ سیاست‌ها و جایگاه قانونی تشکل‌های آب بران.....                  | ۶۳ |
| ۱۴-۳ وظایف تشکل‌های آب بران.....                                     | ۶۴ |
| ۱۵-۳ مسائل مالی شبکه‌های آبیاری.....                                 | ۶۵ |
| ۱۶-۳ اصلاح مؤسسات دولتی آبیاری.....                                  | ۶۷ |
| ۱۷-۳ تنگناهای حاکمیتی در انتقال مدیریت.....                          | ۶۸ |

|    |                                                 |
|----|-------------------------------------------------|
| ۶۹ | ۱۸-۳ اجرای انتقال مدیریت آبیاری                 |
| ۷۰ | ۱-۱۸-۳ حمایت گسترده و آگاهی‌رسانی عمومی         |
| ۷۱ | ۱۹-۳ اجرای انتقال مدیریت آبیاری و مشکلات پیش رو |
| ۷۲ | ۱-۱۹-۳ مشکلات در حین اجرا                       |
| ۷۴ | خلاصه فصل سوم                                   |
| ۷۶ | خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل سوم                  |
| ۷۷ | خودآزمایی تشریحی فصل سوم                        |

## فصل چهارم. لزوم زهکشی در اراضی فاریاب و معیارهای زهکشی برای کنترل شوری در

|    |                                                               |
|----|---------------------------------------------------------------|
| ۷۹ | شبکه‌های آبیاری و زهکشی                                       |
| ۷۹ | هدف کلی                                                       |
| ۷۹ | هدف‌های یادگیری                                               |
| ۷۹ | مقدمه                                                         |
| ۸۰ | ۱-۴ معضل شوری خاک                                             |
| ۸۱ | ۲-۴ مراحل انجام یک پروژه زهکشی                                |
| ۸۱ | ۱-۲-۴ مطالعه اولیه، شناسایی (فاز یک)                          |
| ۸۳ | ۲-۲-۴ مطالعه تفصیلی (فاز دو)                                  |
| ۸۴ | ۳-۲-۴ مرحله اجرا (فاز سه)                                     |
| ۸۵ | ۳-۴ نیاز به زهکشی در اراضی فاریاب                             |
| ۸۶ | ۴-۴ لزوم مدیریت زه‌آب‌ها                                      |
| ۸۷ | ۱-۴-۴ مهم‌ترین دلایل توسعه و ارتقای استراتژی‌های مدیریت زه‌آب |
| ۸۸ | ۵-۴ گزینه‌های فیزیکی مدیریت زه‌آب                             |
| ۸۸ | ۱-۵-۴ اقدامات حفاظتی                                          |
| ۸۹ | ۲-۵-۴ راهکارهای استفاده مجدد از زه‌آب                         |
| ۹۱ | ۳-۵-۴ روش‌های تصفیه                                           |
| ۹۲ | ۶-۴ روش‌های تخلیه زه‌آب                                       |
| ۹۳ | ۷-۴ روش‌های غیرفیزیکی مدیریت زه‌آب                            |
| ۹۴ | ۸-۴ اهمیت کیفیت آب در مدیریت زه‌آب‌ها و زهکش‌ها               |
| ۹۵ | ۹-۴ عوامل تأثیرگذار بر کیفیت آب زهکشی                         |
| ۹۵ | ۱-۹-۴ زمین‌شناسی و هیدرولوژی                                  |
| ۹۶ | ۲-۹-۴ خاک                                                     |
| ۹۶ | ۳-۹-۴ اقلیم                                                   |
| ۹۷ | ۴-۹-۴ استفاده از نهاده‌های کشاورزی                            |
| ۹۷ | ۵-۹-۴ مدیریت آبیاری و زهکشی                                   |
| ۹۸ | ۶-۹-۴ تکنیک‌های زهکشی و طراحی                                 |
| ۹۸ | ۱۰-۴ خصوصیات کیفی زه‌آب‌ها                                    |

|     |                                                                        |
|-----|------------------------------------------------------------------------|
| ۹۸  | ۱-۱۰-۴ نمک‌ها و یون‌های عمده.....                                      |
| ۹۹  | ۲-۱۰-۴ عناصر کمیاب.....                                                |
| ۱۰۰ | ۳-۱۰-۴ آلاینده‌های کشاورزی.....                                        |
| ۱۰۱ | ۱۱-۴ روش‌های استفاده مجدد از زه‌آب در تولید محصولات کشاورزی مرسوم..... |
| ۱۰۲ | ۱-۱۱-۴ استفاده مستقیم.....                                             |
| ۱۰۳ | ۲-۱۱-۴ استفاده تلفیقی - اختلاط.....                                    |
| ۱۰۳ | ۳-۱۱-۴ استفاده تلفیقی - چرخشی.....                                     |
| ۱۰۵ | ۱۲-۴ مدیریت و نگهداری شبکه زهکشی.....                                  |
| ۱۰۵ | ۱-۱۲-۴ نگهداری زهکش‌ها زیرسطحی.....                                    |
| ۱۰۶ | ۲-۱۲-۴ تمیز کردن لوله‌های زهکش.....                                    |
| ۱۰۶ | ۱-۲-۱۲-۴ استفاده از فشار جت آب.....                                    |
| ۱۰۷ | ۲-۲-۱۲-۴ کاربرد گاز $SO_2$ .....                                       |
| ۱۰۷ | ۳-۱-۱۳-۴ کاربرد اسید.....                                              |
| ۱۰۷ | ۳-۱۲-۴ بازرسی لوله‌های زهکش.....                                       |
| ۱۰۸ | ۱-۳-۱۲-۴ کاهش میزان خروجی زهکش‌ها.....                                 |
| ۱۰۸ | ۲-۳-۱۲-۴ بروز لکه‌های مرطوب در مزرعه.....                              |
| ۱۰۸ | ۳-۳-۱۲-۴ شوری خاک.....                                                 |
| ۱۰۸ | ۴-۳-۱۲-۴ سطح آب زیرزمینی.....                                          |
| ۱۰۸ | ۵-۳-۱۲-۴ عکس هوایی.....                                                |
| ۱۰۹ | ۶-۳-۱۲-۴ نصب چاهک‌های مشاهده‌ای.....                                   |
| ۱۰۹ | ۴-۱۲-۴ تعیین گرفتگی مسیر جریان.....                                    |
| ۱۱۱ | ۱۳-۴ زهکشی و کنترل شوری.....                                           |
| ۱۱۲ | ۱-۱۳-۴ شوری و قلیائیت خاک در ایران.....                                |
| ۱۱۲ | ۲-۱۳-۴ راهکارهای کنترل شوری خاک با زهکشی.....                          |
| ۱۱۳ | ۱۴-۴ پمپاژ.....                                                        |
| ۱۱۴ | ۱-۱۴-۴ هزینه نسبی پمپ‌ها و ایستگاه پمپاژ.....                          |
| ۱۱۴ | ۲-۱۴-۴ تأمین انرژی.....                                                |
| ۱۱۴ | ۳-۱۴-۴ مشکلات عملیاتی.....                                             |
| ۱۱۵ | ۴-۱۴-۴ تراز آب و عمق زهکش‌های روباز.....                               |
| ۱۱۵ | خلاصه فصل چهارم.....                                                   |
| ۱۱۷ | خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل چهارم.....                                  |
| ۱۱۸ | خودآزمایی تشریحی فصل چهارم.....                                        |
| ۱۲۱ | فصل پنجم. ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی.....                  |
| ۱۲۱ | هدف کلی.....                                                           |
| ۱۲۱ | هدف‌های یادگیری.....                                                   |

|     |                                                                  |
|-----|------------------------------------------------------------------|
| ۱۲۱ | .....مقدمه                                                       |
| ۱۲۲ | .....۱-۵ اهمیت و ضرورت ارزیابی عملکرد در شبکه‌های آبیاری و زهکشی |
| ۱۲۴ | .....۲-۵ فرایند ارزیابی عملکرد                                   |
| ۱۲۶ | .....۳-۵ شاخص‌های ارزیابی عملکرد شبکه                            |
| ۱۲۶ | .....۱-۳-۵ راندمان‌های آبیاری                                    |
| ۱۲۹ | .....۴-۵ شاخص‌های ارزیابی هیدرولیکی                              |
| ۱۲۹ | .....۱-۴-۵ ارزیابی هیدرولیکی بر مبنای شاخص‌های نسبی عملکرد       |
| ۱۳۱ | .....۲-۴-۵ ارزیابی هیدرولیکی بر مبنای شاخص‌های خطای عملکرد       |
| ۱۳۳ | .....۵-۵ شاخص‌های اقتصادی و حاصل‌بخشی کشاورزی                    |
| ۱۳۶ | .....۶-۵ روش‌های مرسوم ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی    |
| ۱۳۶ | .....۱-۶-۵ تجزیه و تحلیل تشخیصی (DA)                             |
| ۱۳۷ | .....۱-۶-۵-۱ مراحل ارزیابی به روش DA به صورت یک حلقه             |
| ۱۳۷ | .....۲-۶-۵ ارزیابی سریع (RA)                                     |
| ۱۳۹ | .....۳-۶-۵ روش مرجع (RM)                                         |
| ۱۴۰ | .....۴-۶-۵ ارزیابی عملکرد به روش تحلیل مقایسه‌ای                 |
| ۱۴۱ | .....۵-۶-۵ ارزیابی براساس تئوری مجموعه مبهم                      |
| ۱۴۳ | .....خلاصه فصل پنجم                                              |
| ۱۴۵ | .....خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل پنجم                             |
| ۱۴۶ | .....خودآزمایی تشریحی فصل پنجم                                   |
| ۱۴۷ | .....پاسخنامه                                                    |
| ۱۴۹ | .....منابع                                                       |

## پیشگفتار

شبکه‌های آبیاری و زهکشی که هدف آن‌ها ایجاد تسهیلات لازم برای آبیاری در بخش کشاورزی است، یک پدیده صنعتی پیچیده‌ای است که با سرمایه‌گذاری زیادی ساخته می‌شود. در مطالعه و ساخت آن، کارشناسان زیادی از رشته‌های مختلف و متنوع فنی مهندسی مثل کشاورزی، هیدرولوژی، آبیاری، زمین‌شناسی، عمران و مکانیک و نیز متخصصینی از علوم و فنون دیگر مثل اقتصاد، مدیریت، حقوق، برنامه‌ریزی و تحلیل سیستم و فناوری اطلاعات و ارتباطات، مشارکت و همکاری می‌کنند. کار و فعالیت این نیروی عظیم مادی و معنوی بر محور این هدف شکل می‌گیرد که این امکانات سخت‌افزاری (تأسیسات و تجهیزات هیدرولیکی) و نرم‌افزاری (نظام‌ها و روش‌ها و مهارت‌ها) به‌گونه‌ای به کار گرفته شود که محصولات کشاورزی سازگار با اقلیم منطقه، مهارت‌های اهالی و سیاست‌های کشاورزی دولت و هماهنگ با اقتصاد بازار کاشته و پتانسیل تولید آن‌ها محقق شود و از این رهگذر سطح رفاه جامعه محلی و نیز اقتصاد کشاورزی ملی توسعه می‌یابد لذا با هدف آشنایی دانشجویان رشته علوم و مهندسی آب با مفاهیم مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی و ارائه راهکارهای مختلف علمی و عملی جهت حفظ کارایی و نگهداری از این سیستم‌ها کتاب حاضر تدوین و در اختیار علاقه‌مندان قرار گرفته است، هرچند در تدوین این کتاب سعی بر این بود که متن حاضر از نواقص کمتری برخوردار باشد، ولی قطعاً هیچ اثری خالی از عیب نیست، لذا مؤلفان کتاب امیدوارند خوانندگان فهیم، کاستی‌های این اثر را به ما گوشزد کنند تا در فرصت‌های آتی در جهت رفع آن اقدام شود.

دکتر محبوبه ابراهیمی



# فصل اول

## مقدمه‌ای بر مدیریت آب و آبیاری

### هدف کلی

در این فصل با توجه به لزوم مدیریت منابع آبی و به تبع آن مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، طراحی این شبکه‌ها، بهره‌برداری و تأمین نیاز آب بران، نگهداری از شبکه و توزیع آب در شبکه مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

### هدف‌های یادگیری

با مطالعه این فصل دانشجو با موارد زیر آشنا خواهد شد:

۱. وضعیت منابع آبی در جهان و ایران
۲. بحران بین‌المللی آب و بحران آب در کشور ما
۳. لزوم مدیریت منابع آبی
۴. آشنایی با مفهوم مدیریت «یکپارچه» منابع آب

### مقدمه

اعمال مدیریت صحیح در تشکیلاتی که با هدف انجام کارهای مربوط به بهره‌برداری و نگهداری از یک سیستم تحویل آب کشاورزی برپاشده، امری بسیار حیاتی است. مدیریت بهتر منابع آبی نیازمند افزایش آگاهی و شناخت، درباره وضعیت منابع آب است. مصرف آب با روند حاضر مخاطرات جدی برای همه جوامع و مقاصد مصرف آب در پی خواهد داشت. ازاین‌رو در این فصل ابتدا منابع آبی و وضعیت فعلی مصرف

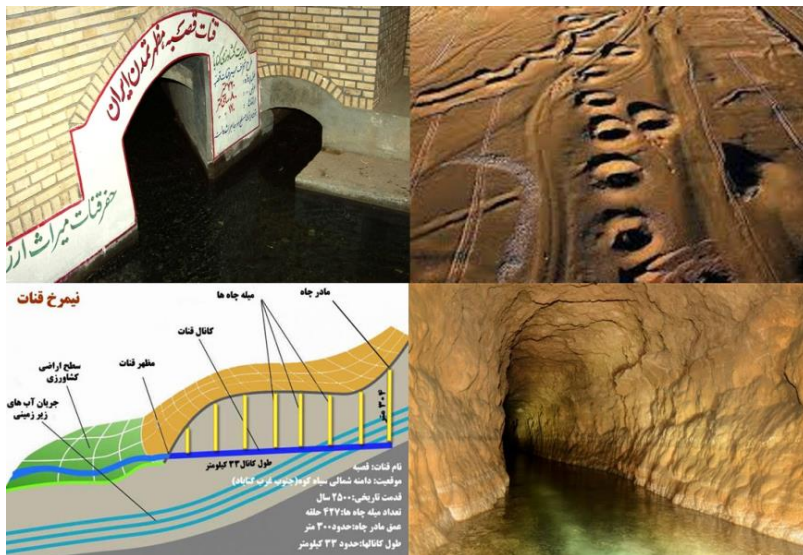
آن، اصول مدیریت آب و انتظاراتی که از آن در زمینه مصرف آب به‌ویژه در بخش کشاورزی می‌رود مورد بررسی قرار گرفته و اهمیت آن طرح شده است.

### ۱-۱ نگاهی به پیشینه مدیریت آب در ایران

در ایران به‌علت کمبود ریزش‌های جوی و تأمین نشدن نیازهای آبی از طریق این ریزش‌ها، انجام فعالیت‌های کشاورزی و تأمین نیازهای آبی گیاهان بدون انجام فرایند آبیاری میسر نبوده و بسیار کم بازده است. از این‌رو ایرانیان از گذشته دور به‌منظور انجام فعالیت‌های کشاورزی به ساخت سازه‌های آبی همت گماشته‌اند. به‌طوری‌که در هر گوشه این فلات پهناور آثار و بقایای سازه‌های آبی فراوان که برخی از آن‌ها بازسازی شده و همچنان در دست بهره‌برداری است دیده می‌شود.

کاوش‌های تاریخی نشان می‌دهد، پیشینیان ما در ایران، چه در عهد باستان و چه در دوران شکوفایی تمدن اسلامی، در بهره‌برداری آگاهانه از منابع آب و مدیریت آبیاری در کشاورزی شهره عصر خویش بودند. آثار بسیاری از آن‌ها، در تأمین و انحراف آب مانند قنات، آب‌بندان، بندسار، پل بند، گوراب و حفر نهرهایی چون داریون و گرگر، اختراع ابزارهای برای تقسیم و توزیع آب نظیر دارکل، آب‌پخشان و ... و قدمت سیستم‌های مصرف آب نظیر آبیاری کوزه‌ای که هنوز در سراسر کشور از شمال ایران و استان‌های خراسان، گلستان و مازندران تا فلات مرکزی و استان‌های کرمان، فارس و اصفهان تا جنوب و استان خوزستان مورد بهره‌برداری بوده و هستند نشانگر تلاش و همت ایرانیان باستان برای مبارزه با کم‌آبی و استفاده صحیح از منابع آب کشور است.

با نگاهی به تاریخ مشخص می‌شود؛ از قدیم، نظام تقسیم آب در ایران معمول بوده است. همان‌طور که گفته شد؛ استفاده از سازه‌های سنتی چون آب‌پخشان، دارکل و میزان، شاهی معتبر بر این ادعای تاریخی است. مثلاً در تقسیم آب قنات‌ها آنجایی که آبدهی قنات کم است، کل آب برای مدت مشخصی (چند ساعت تا چند شبانه‌روز) در اختیار یک نفر قرار می‌گیرد. در زمان‌های خیلی قدیم به طرق مختلف مانند پر شدن جامی که ته آن سوراخی با قطر مشخص برای ورود آب به داخل جام تعبیه شده بود و یا از ساعت‌های شنی برای تعیین زمان تقسیم استفاده می‌شده است. امروزه در این قبیل قنات‌ها و یا چشمه‌ها زمان را با ساعت اندازه می‌گیرند.



شکل ۱-۱. قنات قصبه گناباد (این قنات در زمان هخامنشیان حفر شده، دبی آن ۱۲۷ لیتر بر ثانیه است و ۴۶۷ هکتار سطح زیر کشت محصولات نظیر زعفران و صیفی جات دارد).



شکل ۱-۲. (الف) ساختمان حصار آبی محوطه باستانی چغازنبیل شوش، (ب) پل بند میزان منسوب به شاپور اول ساسانی در شوشتر، (پ) بند شاه عباسی از قدیمی ترین سدهای قوسی جهان در طبس، (ت) پل بند خواجه، یادگار دوره صفویه در اصفهان.



شکل ۱-۳. نمونه‌ای از دارکل چوبی برای تقسیم آب در رودخانه‌های مازندران.



شکل ۱-۴. سیستم آبیاری کوزه‌ای، دانش بومی فلات ایران و منشأ توسعه سیستم‌های آبیاری تراوا در جهان.

## ۵ مقدمه‌ای بر مدیریت آب و آبیاری

در بعضی شهرهای ایران مانند اصفهان و سمنان، تقسیم آب از قدیم‌الایام با استفاده از سرریز صورت می‌گیرد. با تقسیم عرض سرریز به نسبت سهام‌داران آب، میزان آبی را که هر یک از مزارع باید استفاده کنند تعیین و در کانال و یا جویبارهای اختصاصی این سهامدار هدایت می‌شود. این روش از صدها سال پیش تاکنون رایج بوده و در سمنان هنوز تقسیم آب در یک شبکه گسترده بین بیش از چندین هزار زارع به همین نحو انجام می‌شود. در اصفهان نیز تقسیم‌بندی آب توسط شیخ بهاءالدین معروف به شیخ بهایی در سال ۹۲۳ هجری قمری اجرا شده است که سند آن به نام طومار شیخ بهایی موجود است. جدول (۱-۱) بیانگر قسمتی از این تقسیم‌بندی است.



شکل ۱-۵. سنگ‌های تقسیم آب قنات ارونه اردستان، منسوب به پیش از اسلام است و تجدید سهم‌بندی آن را به خواجه نصیرالدین طوسی یا شیخ بهایی نسبت می‌دهند.

جدول ۱-۱. تقسیم‌بندی آب در اصفهان در زمان شیخ بهایی

| ردیف | بلوک    | بزرگ‌ترین مادی | سهم بلوک از رودخانه | سهم داخلی بلوک | سهم مادی از کل سهم داخلی |
|------|---------|----------------|---------------------|----------------|--------------------------|
| ۱    | لنجان   | گرکن           | ۶                   | ۱۱۳/۵          | ۹                        |
| ۲    | لنجان   | روان           | ۴                   | ۴۷/۵           | ۶                        |
| ۳    | ماربین  | صرم            | ۴                   | ۲۹             | ۶                        |
| ۴    | جی      | نیاصرم         | ۶                   | ۳۷             | ۱۳                       |
| ۵    | کرلج    | روسا           | ۳                   | ۱۲             | ۲                        |
| ۶    | برآن    | دره            | ۴                   | ۱۴             | ۲/۵                      |
| ۷    | رودشتین | مروان          | ۶                   | ۲۲             | ۷                        |
| جمع  |         |                | ۳۳ سهم              | ۲۷۵ سهم        | -                        |

از سویی باید اشاره کرد که طراحی، ساخت، بهره‌برداری و نگهداری سازه‌های مرتبط با استحصال، ذخیره‌سازی، انتقال، توزیع و بهره‌برداری آب چه به علت بزرگی و حجم عملیات فراوان آن و چه به علت ضرورت هماهنگی و همکاری در بهره‌برداری از منابع، فراتر از توان بهره‌برداران منفرد بوده و نیروی کار فراوان و همگانی را طلب می‌کند. از این رو همکاری، هماهنگی و یاریگری در ساخت، بهره‌برداری و نگهداری سازه‌های آبی فرایندی ضروری و الزامی است که بهره‌برداران منفرد توانا به انجام آن نبوده‌اند.

ساخت سازه‌های آبی غالباً بنا بر اراده و مصلحت حکام و قدرت‌ها و خوانین بزرگ محلی صورت می‌گرفت و بناکننده آنکه هزینه اجرایی را تقبل می‌کرد مالک و صاحب سازه به شمار می‌رفت و از آبی که از رهگذر ایجاد سازه به دست می‌آمد، به‌عنوان یکی از عوامل تولید، در مناسبات ارباب رعیتی به کار گرفته می‌شد.

ساخت شبکه‌های آبیاری روالی متفاوت با سدها، بندها و کاریزها داشت. این سازه‌ها با بهره‌گیری از نیروی کار رعیت‌ها (بهره‌برداران) ساخته می‌شد و خوانین هزینه آن را تأمین نمی‌کردند. ایجاد کانال‌های هدایت آب از محل سد، بند و مظهر کاریز تا مزرعه بر عهده رعیت بود که با انتخاب افراد کارآمد امور تقسیم و توزیع و سایر عملیات لازم را بر عهده آن‌ها قرار می‌دادند. کار لایروبی نهرها و نیز بازسازی آن‌ها و نیز عملیات ایجاد بندهای موقت با بهره‌گیری از نیروی کار رعیت و یا کشاورزان آزاد و بهره‌برداران انجام می‌گرفت. میزان کاری که توسط بهره‌برداران انجام می‌گرفت، متناسب با حقابه آن‌ها بوده است؛ بنابراین سازمان یا تشکیلات دیگری، جز نهاد منتخب کشاورزان عهده‌دار وظیفه نگهداری و بهره‌برداری نبود. در نظام بهره‌برداری از منابع آب ایران، تشکل‌های آب بران و مشارکت مصرف‌کنندگان آب کشاورزی از پیشینه‌های غنی برخوردارند. در گذشته، تشکل‌های مصرف‌کنندگان آب در قالب بندها، هراسه‌ها، کته‌ها، خیش‌ها و ساختارهای مشابه آن پدید می‌آمدند. این تشکل‌ها، به‌عنوان قوی‌ترین نظام اجتماعی تولیدی، علاوه بر مدیریت مصرف آب، در عمل سایر فعالیت‌های جمعی را نیز رهبری می‌کردند. تشکل‌های یادشده، تا پایان عمر نظام ارباب رعیتی، همچنان با نظم و با اعمال ضوابط سنتی، مدیریت مصرف آب را عهده‌دار بودند. در اوایل دهه ۱۳۴۰ با برچیده شدن نظام ارباب رعیتی و بر هم ریختن سازمان سنتی رهبری روستاها، فقدان این تشکیلات موجب بروز مشکلاتی در تولید کشاورزی و مدیریت مصرف آب شد.

پس از اصلاحات ارضی، دولت با هدف جایگزینی و یا احیای این تشکیلات، طرح‌هایی از جمله تشکیل شرکت‌های تعاونی روستایی، شرکت‌های سهامی زراعی و تعاونی‌های تولید را به مرحله اجرا گذاشت. اما، این طرح‌ها عموماً به هدف‌های خود دست نیافتند و در عمل مدیریت مصرف آب به عهده دولت قرار گرفت و بالطبع مصرف‌کنندگان نهایی آب، مداخله‌ای در مدیریت توزیع آن و نگهداری تأسیسات دولتی نداشتند (مهاجرانی، ۱۳۷۸ و پورزند، ۱۳۷۸).

## ۱-۲ منابع آب جهان و ایران

مدیریت بهتر منابع آبی نیازمند افزایش آگاهی و شناخت، درباره وضعیت منابع آب است. زیست کره یا بیوسفر که می‌توان آن را به‌عنوان «قسمتی از زمین که زندگی در آن وجود دارد» تعریف کرد، به‌واسطه رابطه متقابلش با سه کره دیگر یعنی هوا کره (اتمسفر)، سنگ کره (لیتوسفر) و آب کره (هیدروسفر)، بقا و تداوم می‌یابد. این سه کره، امکان انتقال چرخه‌ای مواد مهم زیستی به زیست کره را فراهم می‌آورند. آن قسمتی از زمین به‌عنوان آب کره در نظر گرفته می‌شود که آب یا بخار آب را در خود نگه می‌دارد و گستره‌ای از ۵ کیلومتری زیر پوسته زمین تا ۱۱ کیلومتری بالای زمین را در برمی‌گیرد. آب کره، به‌عنوان منبع آب، برای زیست کره ضروری است، چرا که بدون آب، حیات و زندگی ممکن نیست.

آب کره، تقریباً  $\frac{1}{4}$  میلیارد مترمکعب آب را در سه شکل آن یعنی مایع، یخ و بخار در خود دارد. تقریباً  $\frac{97}{2}$  درصد این آب، شور بوده و در اقیانوس‌ها جای گرفته است. تقریباً  $\frac{2}{15}$  درصد از آب شیرین هم به شکل پوشش‌های دائمی و توده‌های یخ قطبی است. در نتیجه فقط  $\frac{0}{65}$  درصد از حجم کل آب به‌صورت آب شیرین باقی می‌ماند که  $\frac{0}{16}$  درصد از این آب شیرین نیز به شکل بخار در جو موجود است. در نهایت آب باقی‌مانده که  $\frac{0}{49}$  درصد کل آب زمین را تشکیل می‌دهد به‌صورت آب زیرزمینی و یا آب سطحی در دریاچه‌ها، تالاب‌ها، رودخانه‌ها و نه‌رها قرار دارد و در حقیقت تنها مقدار آبی است که برای استفاده بشر در دسترس قرار دارد؛ اما تمامی این منابع آب هم الزاماً از لحاظ اقتصادی قابل مدیریت و بهره‌برداری نیستند.

آب با توجه به قانون بقای جرم از بین نمی‌رود و به وجود نمی‌آید. لذا از حالتی به حالت دیگر تبدیل می‌شود و به این ترتیب سیکل هیدرولوژیکی یا چرخه آب را طی

می‌کند. برای برقراری موازنه وزنی آب باید تبخیر جهانی با بارش جهانی برابر باشد؛ اما میانگین تبخیر از اقیانوس‌ها (۱۱۷ سانتی‌متر در سال) معمولاً بیشتر از بارش بر روی آن‌ها (۱۰۷ سانتی‌متر در سال) است. از طرف دیگر بارش بر روی خشکی (۷۴ سانتی‌متر در سال) معمولاً بیشتر از تبخیر از آن (۴۹ سانتی‌متر در سال) است. اختلاف موجود در هر مورد مربوط به آبی است که به شکل بخار آب از اقیانوس‌ها به خشکی منتقل می‌شود و یا آبی که به‌عنوان جریان رودخانه‌ها به اقیانوس‌ها برمی‌گردد. بدین ترتیب نزولات جوی یا میزان تبخیر در سطح جهانی ۹۷ سانتی‌متر در سال است.

کشور ما ایران به دلیل کمبود ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی، در زمره کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد. منبع اصلی آب در ایران بارش به‌صورت بارش باران ۷۰٪ و برف ۳۰٪ است که طبق آمارهایی که ایران در چارچوب دومین گزارش کمیته تغییرات آب و هوایی به سازمان ملل ارائه کرده است میانگین حجم سالانه بارش‌های جوی کشور حدود ۴۱۳ میلیارد مترمکعب تخمین زده می‌شود. حدود ۷۱٫۶ درصد کل بارندگی (۲۹۵ میلی مترمکعب) به‌طور مستقیم تبخیر شده است. با توجه به ۱۳ میلیارد مترمکعب ورود آب از مرزها (رودخانه‌های مشترک مرزی)، کل پتانسیل منابع آب تجدید پذیر ۱۳۰ میلیارد مترمکعب تخمین زده می‌شود. جریان‌های سطحی نیز در کشور ۲۲ درصد (۹۲ میلیارد مترمکعب) و نفوذ به آبخوان‌ها تنها ۶ درصد است؛ یعنی تنها ۲۸ درصد از نزولات جوی به‌صورت جریان‌ات سطحی و زیرزمینی، قابل دسترسی است. از طرف دیگر، به دلیل رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه بخش‌های اقتصادی روزبه‌روز با افزایش تقاضای آب مواجه است. طبق آمارهای رسمی و به اعتقاد کارشناسان، ایران وارد مسئله جدی کمبود آب شده است و طی سال‌های آینده بحران آب به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های کشور در بسیاری از استان‌ها، شهرها و مناطق تبدیل خواهد شد. این مشکلات در بخش کشاورزی، که بر پایه آمار تحلیلی مرکز آموزش و تحقیقات وزارت جهاد کشاورزی بیش از حدود ۷۱ درصد آب تجدیدپذیر کشور در آن مصرف می‌شود، شدیدتر است. از لحاظ نظری شکاف موجود باید با افزایش عرضه، تعدیل تقاضا و یا هر دوی این‌ها پر شود. لیکن در عمل از آنجا که عمده منابع قابل استحصال در طرف عرضه قبلاً بهره‌برداری شده است و عرضه بیشتر، در عمل محدود شده و با هزینه بسیار زیادی

همراه است، بنابراین مدیریت تقاضا برای کنترل مصرف و بهره‌برداری کارآمد از آب مناسب و قابل دسترس، امری ضروری است.

### ۱-۳ اصول مدیریت منابع آب

از نگاه برخی صاحب‌نظران، مدیریت ترکیبی از علم و هنر برای پدید آوردن محیطی مناسب است، که در آن همفکری و همکاری با دیگران به منظور شکل دادن به فرایندی کارساز امکان‌پذیر می‌شود و همچنین طی آن، استفاده بهینه از منابع موجود شامل سرمایه، نیروی کار، مواد و تجهیزات، برای عرضه خدمات یا کالاهایی قابل رقابت، جهت جلب رضایت متقاضیان آن‌ها، با پرهیز از بروز هرگونه عواقب نامطلوب تحقق می‌یابد. به تبع آنچه گفته شد تعاریف بسیار زیادی از مدیریت ارائه شده است اما در یکی از جامع‌ترین این تعاریف آمده است: مدیریت عبارت است از علم و هنر برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، هدایت و رهبری، نظارت و کنترل و درنهایت ایجاد هماهنگی برای رسیدن به هدف یا هدف‌های از پیش تعیین شده سازمان.

اصول مدیریت که بیشترین تلاش مدیر و ابواب جمعی وی را طلب می‌کند عبارت‌اند از:

**الف) برنامه‌ریزی.** جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات عرضه و تقاضای آب، برآورد احتمالات و ریسک، هماهنگی و هم‌نوسازی بین هدف‌ها و نقطه نظرات گروه‌های ذینفع گوناگون (مانند کشاورزان، مسئولین آبیاری، مسئولین کشاورزی و نمایندگان مؤسسات دولتی دیگر) برای حصول توافق در برنامه بهره‌برداری از سیستم آبیاری.

**ب) اجرا.** تنظیم و تدقیق برنامه بهره‌برداری با درنظر گرفتن تغییرات مشاهده شده و اختلاف واقعی در عرضه و تقاضای آب. توزیع یکنواخت آب و ایجاد انگیزه در پرسنل بهره‌برداری و توزیع برای مقاومت در مقابل فشارهای وارده از سوی مصرف‌کنندگان آب که باعث اختلال در توزیع آب می‌شود.

**ج) نظارت.** ایجاد یک سیستم اطلاعاتی و کنترلی ساده با معیارهای تعریف شده‌ای از عملکرد سیستم و شاخص‌های مناسب واقعی. کنترل‌های موردی برای حصول اطمینان از اینکه اطلاعاتی که توسط پرسنل برای ارزیابی عملکرد سیستم جمع‌آوری می‌شود از دقت کافی برخوردار است. بازرسی‌های موردی برای ارزیابی

کارایی پرسنل در رابطه با حضور فیزیکی در محل و جمع‌آوری و ثبت آمار و اطلاعات. تشخیص علل عدم انطباق بین پیش‌بینی‌ها و عملکردها.

(د) ارتباطات. برقراری ارتباطات صحیح با مصرف‌کنندگان آب، مسئولین دولتی، مشاورین فنی و دیگر افراد در رابطه با برنامه‌ها و فعالیت‌های بهره‌برداری و نگهداری.

#### ۴-۱ بحران آب و لزوم مدیریت منابع آب

یکی از معضلات قرن بیست و یکم که آینده زندگی بشر در این کره خاکی را به شدت مورد تهدید قرار می‌دهد معضل کمبود آب است. آب از دیرباز مهم‌ترین عامل توسعه به‌خصوص توسعه بخش کشاورزی در جهان بوده است. انسان‌ها در دوران اولیه زندگی، نزدیک رودخانه‌ها و منابع آب تجمع کرده و آب مورد نیاز فعالیت‌های کشاورزی را از منابع آب رودخانه‌ها و چشمه‌ها تأمین می‌کردند. چنین محدودیتی در منابع آب شیرین سالم، لزوم بازنگری و نگرش دقیق‌تر در مصرف این منابع ارزشمند را صدچندان کرده و حفاظت از آن را در اولویت برنامه‌های ملی و بین‌المللی قرار می‌دهد. در چند سال اخیر با افزایش جمعیت و تغییر الگوهای زندگی، میزان مصرف آب در جهان رشد چشمگیری یافته است.

در نگاه سیستمی، بحران عبارت است از وضعیتی که نظم سیستم مختل می‌شود و پایداری آن برهم می‌خورد. در نگرش تصمیم‌گیری، برای وجود بحران حضور سه عامل تهدید، زمان و غافلگیری شرط لازم است که با تدبیر استراتژیک می‌توان آن را مدیریت کرد و به راه‌حل معقولی برای برطرف کردن شرایط غیرعادی رسید. ویژگی بحران این است که بر نظم و امنیت عمومی تأثیر می‌گذارد، در افکار عمومی التهاب و در سیستم‌های امنیتی نگرانی ایجاد می‌کند، لذا پاسخ سریع و فوری می‌طلبد و شکل جاری و عادی فعالیت‌ها از اولویت خارج می‌شود. وضعیت قبل از بحران، حین بحران و بعد از بحران باید شناسایی و مدیریت شود. لذا باید بین کم‌آبی به مثابه پدیده اقلیمی و بحران آب تمایز جدی قائل شویم. کم‌آبی تحت تأثیر موقعیت اقلیمی ایران است و ابداً موضوع تازه‌ای نیست، اما بحران آب محصول تعامل الگوی توسعه، اقتصاد سیاسی، کیفیت حکمرانی، تحولات جمعیت و اقلیم است و عمر آن به کمتر از ۵۰ سال می‌رسد. کم‌آبی پدیده‌ای طبیعی است و بحران آب مقوله‌ای سیاسی - اجتماعی است که