



دوفصلنامه تاریخ علوم و فناوری دوره اسلامی
سال سیزدهم، شماره‌های اول و دوم، سال ۱۴۰۳
شماره پیاپی: ۲۵ و ۲۶

صاحب امتیاز: مؤسسه پژوهشی میراث مکتوب
مدیر مسئول: اکبر ایرانی
سردبیر: محمد باقری
مدیر داخلی: زینب کریمیان
اجرای جلد: محمود خانی

مدیر فنی و امور چاپ: حسین شاملوفرد

همکاران علمی

حسن امینی * حمید بهلول * پویان رضوانی * فاطمه سوادی * حنیف قلندری * یونس کرامتی * امیرمحمد گمینی
شمامه محمدی فر * راضیه‌سادات موسوی * یونس مهدوی * سجاد نیکفهم خوب‌روان

مشاوران علمی

یوسف ثبوتی * توفیق حیدرزاده
محمدابراهیم ذاکر * حسن طارمی * مهدی محقق
حسین معصومی همدانی * محمدجواد ناطق * سیدحسین نصر
علی بابایف (جمهوری آذربایجان) * جان لنارت برگرن (کانادا) * گلن وان بروملن (کانادا) * احمد جبار (فرانسه)
سرگی دمیدوف (روسیه) * رشدی راشد (فرانسه) * جمیل رجب (کانادا) * سری‌رامولا سارما (آلمان)
ژاک سزبانو (سوئیس) * جورج صلیبا (امریکا) * حکیم سید ظل‌الرحمان (هند)
مصطفی موالدی (سوریه) * یان پیتر هونخندایک (هلند) * میچیو یانو (ژاپن)

تصویر پشت جلد: نقش کاشیکاری از مدرسه العنبرگ در سمرقند با کتیبه: العلم کنز عظیم [لا یفنا (از حضرت علی (ع))]

نشانی مجله: تهران، خیابان انقلاب اسلامی، بین خیابان دانشگاه و ابوریحان، ساختمان فروردین، شماره ۱۱۸۲، طبقه چهارم، شماره ۱۶
کد پستی: ۹۳۵۱۹-۱۳۱۵۶ تلفن: ۰۶۶۴۹۰۶۱۲ دوزنگار: ۰۶۶۴۰۶۲۵۸

www.mirasmaktoob.ir
miraselmi@mirasmaktoob.ir / miraselmi90@gmail.com
بها: ۶۰۰۰۰۰ تومان

آب و فناوری در جهان اسلام^۱

شارلوت شریور^۲

ترجمه کورس ضیائی^۳

پیش‌گفتار

در خاورمیانه هزاران سال پیوسته می‌کوشیده‌اند تا آب را برای آبیاری و تولید انرژی مهار کنند؛ برای نمونه، چرخاب‌هایی که روی کنده‌کاری‌های سنگی سومریان در میان‌رودان دیده می‌شود، و تکامل فنی سامانه‌های آبیاری که به دست نبطیان و سپس رومی‌ها در اردن باستان صورت گرفت، مشهورند. صنعتگران اولیه دوره اسلامی این سامانه‌ها را به آسانی فرا گرفتند و به کار بستند و سپس در طول سده‌ها آنها را به شکل سامانه‌های آبی سنتی همچون قنات و فلج^۴ (سامانه‌های آبراهه زیرزمینی)، ناعوره‌ها (چرخاب‌های عمودی)، و آسیاب‌ها^۵ گسترش دادند، و به این شیوه سامانه‌های بدیع و پیچیده آبیاری و تولید فرآورده‌های کشاورزی را ایجاد کردند. به کمک این فناوری‌ها زمین‌های خشک را به سرزمین‌هایی حاصل‌خیز تبدیل کردند، و جایگیر شدن آدم‌ها برپایه اقتصاد روستایی را ممکن می‌ساخت. در این گفتار کوتاه می‌کوشیم تا انواع عمده سامانه‌های آبی سوریه، اردن، ایران و عمان را با بررسی گسترده جنبه‌های زیست‌محیطی، تاریخی و سیاسی-اجتماعی مربوط به توسعه و وجود آنها، از سده ششم تا هفتم هجری مطالعه کنیم.

سامانه‌های آسیاب، ناعوره و قنات: ملاحظات فنی و زیست‌محیطی

استقرار بشر و استفاده از زمین در خاورمیانه، با تمرکز بر دسترسی به آب، تاریخی دراز مدت دارد. بخش‌های غرب مرکزی سوریه و نواحی اطراف حمص و حما در طول کناره‌های رود اورونتس (نهرالعاصی) گسترش یافت، در حالی که در جنوب‌تر از آن، حوران، منطقه جنوبی سوریه و

۱. این مقاله ترجمه‌ای است از:

Schriwer, Charlotte, "Water and Technology in the Islamic World", in *Routledge Handbook on the Sciences in Islamicate Societies*, ed. by Sonja Bretjes, first edition, Routledge, 2022, pp. 523-537.

۲. پژوهشگر آزاد

۳. پژوهشگر آزاد، مترجم، kziaee@gmail.com

۴. فلج سامانه آبیاری بسیار کهنی است که در کشور عمان بیش از دو هزار سال سابقه دارد. م

۵. در این مقاله آسیاب همه جا به معنی آسیای آبی به کار رفته است. م

صحراهای شمالی اردن، چنین رودهای همیشگی وجود ندارد، اما دارای چشمه‌ها، سفره‌های زیرزمینی و منابع موقت آب است. ارتفاعات حاصل خیز شمال اردن را رودها و چشمه‌هایی همیشگی آبیاری می‌کنند که خود از بارش‌های فصلی پربار می‌شوند. ساخت سامانه‌های آبی به وضعیت زمین شناسی این سرزمین‌ها، به چیزهایی همچون میزان شیب، و نیز دسترسی به مواد اولیه برای ساخت و مساعد بودن محیط برای رشد محصولات کشاورزی بستگی دارد. به این عوامل باید نزدیک بودن و عمق منابع آبی را نیز در نظر گرفت.

سامانه‌های غرب مرکزی سوریه شامل قنات، ناعوره و آسیاب که نهرالعاصی به آنها آب می‌رساند، و ساخت آنها به دوره ایوبیان و مملوک‌ها بازمی‌گردد، هنوز در نواحی حما و حمص دیده می‌شوند. منطقه حوران شبکه‌های گسترده‌ای از آبراهه‌های باستانی دارد، که آب باران را مهار و به مخزن‌ها هدایت می‌کنند یا آسیاب‌ها را می‌گردانند، و بیشتر آنها از دوران ایوبیان (حدود ۵۷۰-۶۶۰ق)، مملوک‌ها (حدود ۷۵۰-۹۲۰ق) و عثمانی‌ها (حدود ۹۱۷-۱۳۲۲ق) به یادگار مانده‌اند. در نقاط مرتفع اردن، و نیز در غور اردن (دره رود اردن) وجود شبکه‌های گسترده‌ای از آبراهه‌های روباز و زیر زمینی، ویژگی مشترکی است که خود اغلب به عنوان بخشی از شبکه وسیع‌تر آبیاری‌اند که از سده هشتم تا سیزدهم هجری برای گرداندن آسیاب‌های شکر و غلات، آب فراهم می‌کردند.

قنات

قنات‌ها را در همه جای هلال حاصل خیز، از شمال تا جنوب شبه جزیره عربستان و ایران می‌توان یافت. نیاز به یافتن سامانه‌ای برای عرضه آب جهت اسکان دادن شهرک‌ها در اقلیم خشک پهناوری که سفره آبی در آن یا بس ژرف است، چنان که نمی‌توان به روش دیگری به آن دست یافت، یا از محل استقرار جمعیت بسیار دور است، باعث اختراع قنات شد. گرچه اسم قنات آبراهه‌ای را به یاد می‌آورد که زیر زمین در طول شیبی سرازیر امتداد می‌یابد، قنات‌ها مجراهای آبی سرباز روی زمین نیز هستند. از دید زمین‌شناسی، لزوم شیب‌دار بودن بیانگر آن است که سفره زیرزمینی یا منبع آب، خود در جای بلندی همچون منطقه‌ای کوهستانی قرار دارد، یا در زمینی پست‌تر است که آب آن را با شیبی تدریجی در مسیری طولانی جا به جا می‌کنند. عمق قنات بسته به طولش می‌تواند از ۱۰ تا ۹۰ متر تغییر کند و مقنی‌ها یا قنات‌کن‌های حرفه‌ای میله‌ها (چاه‌های) عمودی را با فاصله‌های دسترس پذیر چنان حفر می‌کنند که تعمیر و نگهداری قنات را ساده کند.

قنات‌های زیرزمینی در ایران و سوریه متداول‌ترند، در حالی که قنات را در اردن بیشتر روی زمین بنا می‌کنند. در ساخت قنات‌ها سعی بر آن است که مسیر جاده‌های اصلی یا فرعی را دنبال کنند و قنات‌ها اغلب شیوه اصلی تأمین آب برای آبیاری محصولات کشاورزی هستند. در بعضی

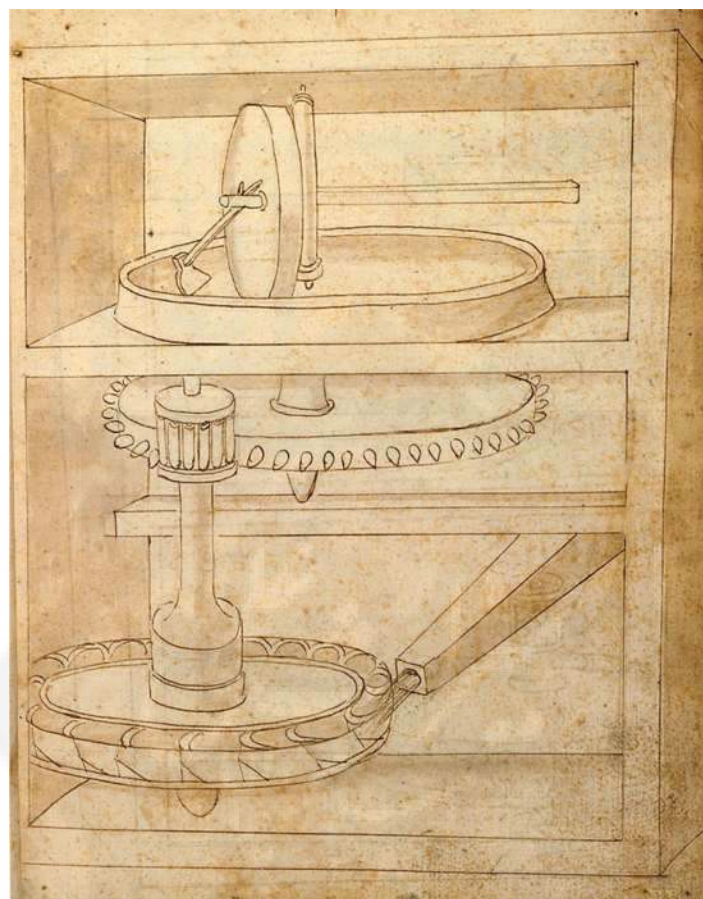
نمونه‌ها، وقتی آبادی‌ها بس کوچک و پراکنده‌اند، نزدیک‌ترین رودخانه آب محصولات کشاورزی را تامین می‌کند، به این شکل که مسیرش را به درون مجراهای متعدد تغییر می‌دهند و کشتزارهای نزدیک را آبیاری می‌کنند. قنات‌های زیر و روی زمین هر دو در تأمین آب برای گرداندن آسیاب‌ها هم مرسوم بوده‌اند.

آسیاب‌های غلات و شکر

آسیاب‌های مجهز به دریچه‌کشویی «عروبه» (برگرفته از واژه عبری به معنی دودکش) با پره عمودی و افقی بیشترین نوع آسیاب‌های سوریه و اردن هستند. کاربرد دیگر آسیاب‌های افقی، آرد کردن یا فشردن غلات یا شکر بود. آسیاب‌ها علاوه بر گونه‌گونی در اندازه و ظرفیت، در نوع پره نیز گوناگونند، با سازه‌هایی مجهز به دریچه‌ و ورودی تکی یا چندگانه که میزان جریان آب را تعیین می‌کنند. این دریچه‌ها را «سرناره» می‌نامند.



شکل ۳- الف: آسیاب غلات با دو سرناره در راشیا، لبنان.



شکل ۳-ب: آسیابی با چرخاب (پره افقی). ترسیم فرانچسکو دی جورجو مارتینی، از کتابش به نام رساله در معماری بین سال‌های ۱۴۷۵ و ۱۴۸۰ م.

در آسیاب افقی، سرناو به جوی آب، یا جدول (قنات)، که آب را به داخل چاهک عمودی می‌ریزد اتصال دارد و در پایین آن دریچه‌ای خروجی هست که آب می‌تواند از آن خارج شود. این مسیر به اتاقک چرخاب منتهی می‌شود که در آن چرخابی افقی (زحایا دولاب) جای دارد. چرخاب به توسط مجموعه‌ای چرخ دنده با محوری به سنگ آسیاب (حجر الطاحون) که در اتاقک بالایی ست اتصال می‌یابد. آب در سرناو سرعت می‌گیرد و به نیروی چرخاب چوبی برخورد می‌کند، و چرخاب و ابزارهای آسیاب را به حرکت در می‌آورد. سنگ آسیاب زیرین (حجر الطاحون الفوقانی) یا سنگ متحرک را می‌توان نسبت به سنگ آسیاب زیرین (حجر الطاحون التحتانی) یا سنگ زیرسری چنان تنظیم کرد که آرد به درجه‌ی زبری مطلوب برسد. دریچه‌ی قوس‌داری در اتاقک چرخاب هست که آب

پس از چرخاندن چرخاب از آن خارج می‌شود و به رود باز می‌گردد یا به مجراهای آبیاری کشتزار می‌ریزد. این مسیر به ندرت طولانی‌ست - معمولاً از ۲۵ تا ۳۰ متر درازتر نیست - و به شکل عادی به ادامه قناتی متصل می‌شود که پیرو خطوط هم‌شیب سطح زمین جریان دارد.

بیشتر آسیاب‌های با چرخاب عمودی با یکی از سه حالت چرخاب زیرکار، چرخاب بغل‌کار و چرخاب روکار عمل می‌کنند، که تفاوت آنها در زاویه‌ای است که آب با پره‌های چرخ بر خورد می‌کند. این آسیاب‌ها بیرون ساختمان نصب می‌شوند و با مجموعه‌ای از ابزارها به سازوکار دستگاه آسیاب اتصال می‌یابند. آسیاب‌های عمودی بیشتر در ارتباط با رودخانه‌های پر آب کار می‌کنند، مثل رود عاصی و فرات در سوریه، اما تک نمونه‌ای در اردن، در وادی اللجّون یافت شده است که در زمان جنگ جهانی اول برای آرد کردن غلات از آن استفاده می‌شد.

آسیاب‌های قند نیز، همچون آسیاب غلات، با بهره‌گیری از اصول فنی بنیادینی با نیروی آب کار می‌کند. اما در آنها چرخاب به مجموعه‌ای از ابزارهای پیچیده اتصال می‌یابد، که به غلتک کناره‌گرد (بغل‌کار) می‌پیوندند. این غلتک در وضعیتی عمودی در کناره سنگ بستر حرکت می‌کند تا قند را خرد کند. بعضی گونه‌ها دو سنگ آسیاب عمودی دارند که مانند سنگ آسیاب افقی آسیاب غلات عمل می‌کنند.

بیشتر آسیاب‌های غلات را در دامنه تپه‌های پلکانی می‌سازند تا بسته به موقعیت، از بارش‌ها و رواناب‌ها بهره ببرند. آسیاب‌های قند را بیش‌تر در ارتفاع‌های کمتر، و در نزدیکی یا در خود دره‌ها که در آنجا هوا گرم‌تر و رطوبت برای کشت نیشکر مناسب‌ترست جای می‌دهند. در آسیاب‌های قند جریان آب نیرومندی لازم است تا سنگ‌های آسیاب بزرگ‌تر را به حرکت در آورد و از این رو آنها بیشتر به آبراهه‌های طولانی متصلند.

ناعوره‌ها

ناعوره یا چرخاب را بیشتر در سوریه می‌توان یافت (شکل ۴). ناعوره‌ها در کناره رودهای عاصی و فرات، و شاخه‌های فرعی آنها در شرق سوریه جای گرفته‌اند، و به زمان رومیان بازمی‌گردند، هرچند کهن‌ترین نمونه موجود به دوره ایوبیان تعلق دارد. چرخاب، که از چرخ چوبی بسیار بزرگی ساخته شده و دلو (محفظه)هایی به آن وصل است، از نیروی خود رودخانه بهره می‌برد تا آب آن را بالا بکشد. این آب از دلوها به درون قنات‌های سطحی روبازی سرریز می‌شود که با استفاده از آبراهه‌هایی زمین‌های اطراف را آبیاری می‌کنند. ناعوره‌ها بنا به تجهیزات سنگین‌شان به جریان آب نیرومند و پیش‌بینی‌پذیری نیازمندند که بتواند چرخ‌ها را با کارآمدی به حرکت در آورد. در چندین جا در کنار رود عاصی می‌توان آسیاب - ناعوره‌هایی یافت که با استفاده از آب‌بند کار می‌کنند. سندی وقفی از دوره بین سده‌های ۴ تا ۱۰ هـ ناعوره‌ها و آسیاب‌ها را در بسیاری از نمونه‌ها وابسته به

یکدیگر معرفی می‌کند. ناعوره را برای حل مشکل آبیاری هم نصب می‌کردند. مطالعه‌ای که باستان‌شناسان فرانسوی روی استقرار مسلمانان دور و بر دره فرات در شمال سوریه بین سده‌های اول تا نهم هـ انجام دادند نشان داد که نبود کنترل روی آب آبیاری که با ترعه از رود خابور منتقل می‌شد برای شهرک نشین‌های دشت سیلابی واقع در کرانه غربی رود فرات مشکل آفرین بوده است. نصب شماری ناعوره این مشکل را حل کرد و به شهرک نشینان کمک کرد که تا دوره مملوک‌ها از دیدگاه اقتصادی دوام آورند و به فعالیت‌های کشاورزی ادامه دهند.



شکل ۴: مجتمع ناعوره در گوادل‌کیویر (وادی الکبیر) اسپانیا.

نکات اقتصادی، سیاسی و قانونی

کامیابی اقتصادی محلی و منطقه‌ای در دوره‌های ایوبیان، مملوک‌ها و عثمانی‌ها سخت به تولید محصولات کشاورزی و نوآوری وابسته بود. وضعیت شهرک‌ها در سرزمین‌های پهناورتر شمال

اردن، با پاسگاه‌های مستحکم بین دمشق و زمین‌های مونتریال^۱ (شوبک) و کرک (الکرک)، و نیز بیور^۲ (کوکب) در سمت شرق نشان می‌دهد که در زمان ایوبیان و مملوک‌ها اشتغال پایدار و فعالیت پابرجای کشاورزی با کشتزارهای تولید نیشکر برای بازرگانی در مرکز و بخش‌های جنوبی اردن و فلسطین وجود داشته است، که درباره تجهیزات فرآوری آنها در طواحين السكر (آسیاب‌های قندکوبی در کرک اردن)، تل الطاحونه و تل الکردانی مدارک تاریخی در دست است.

مراکز شهری همچون قاهره و دمشق، به‌ویژه به سبب صادر کردن قند، داد و ستد پرسودی داشتند. بسیاری از حاکمان از این امتیاز بهره بردند و قند را نه تنها برای پایاسازی و پیشرفت اقتصاد، که نیز برای افزایش ثروت خود انحصاری کردند. دولت بارها انحصار غلات را هم تحمیل کرد، و این انحصارها اثر بیشتری بر روی بازرگانان و آسیابانان داشت که مجبور بودند غلات را با بهایی گران از انبار امیران و سلطان‌ها بخرند. میزان هنگفتی از غلات را در انبارهایی در استان‌های زیر فرمانروایی، به ویژه در ارگ (قلعه) های بزرگ دمشق، الکرک و شوبک می‌انباشتند و به این شکل اقتصاد وابسته به غله را پایدار نگه می‌داشتند. این انبارها که «شوان» نامیده می‌شدند اغلب برای توزیع نان و آرد، آسیاب و نانویی ویژه خود را داشتند. وجود آسیاب‌های آبی در نزدیکی این ارگ-شهرها بیش از پیش بیانگر آن است که باید دستگاه سازمان یافته‌ای از انبارش و فرآوری غذایی موجود بوده باشد، که آبیاری بخش جدایی ناپذیر آن را تشکیل می‌داده است.

مدارکی از فلسطین دوران عثمانی پیچیدگی مالی مربوط به استفاده از سامانه‌های آبیاری و آسیاب‌های آبی را نشان می‌دهد. مطالعه مفصلی درباره مراکز ثبت مالیات در فلسطین در پایان سده دهم هجری گویای آنند که از آسیاب‌های آبی مالیات‌هایی با تعرفه‌های گوناگون گرفته می‌شد. در مناطق شهری اغلب از سامانه آبی مشترک استفاده می‌کردند تا اطمینان یابند که همه کشاورزان به آب مورد نیاز برای آبیاری دسترسی خواهند داشت و از آسیاب‌ها می‌شد آرد زیادی به دست آورد، که بر حسب ظرفیت آسیاب، می‌شد آن آرد را در سطح محلی یا ایالتی فروخت. در دمشق دوران عثمانی، صاحبان آسیاب گندم، روی لوازم آسیاب‌کاری هم انحصاری ایجاد کردند که نتیجه‌اش راندن کشاورزان خرده‌پا به سوی فقر بود، زیرا حرفه آسیاب‌کاری به شکل روزافزونی گران شد.

مالکیت سامانه‌های آبی تأثیر مستقیمی بر بقای جماعت‌های آبیاری در اردن و سوریه داشت. نشان داده‌اند که آسیاب‌ها بیشتر متعلق به حاکمان مملوک بودند و آسیاب‌های قند به خاطر سرشت سودآور و هزینه تولید قند تقریباً به طور انحصاری به سلطان تعلق داشته است. این می‌تواند انگیزه

۱. نام قلعه‌ای در نزدیکی شهر امروزی شوبک در اردن که جنگجویان صلیبی آن را ساختند و حاکمان مملوک گسترش دادند. م
 ۲. نام قلعه‌ای در شمال فلسطین اشغالی امروز که جنگجویان صلیبی آن را ساختند. به عربی آن را کوکب الهوا یا ستاره باد نامیدند. م

قوی‌تری برای دولت‌ها در ساخت آسیاب‌های آبی برای مقاصد اقتصادی ویژه باشد. بر استفاده از آسیاب‌های آبی، و نیز برای تعمیر و نگهداری جوی‌ها و آب‌بندهای آبیاری مالیات می‌بستند؛ و علاوه بر آن، مستاجران زمین‌های تحت آبیاری همیشگی، با نرخی ثابت اجاره بها می‌پرداختند، و فراتر از همه چیز، حاکمان محلی بر کشت نیشکر مالیات وضع می‌کردند.

در اردن و سوریه انحصار مالکیت دولتی از بین رفت، هر چند به خاطر هزینه‌های بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری سامانه‌های آبیاری و حقاچه‌ها معمول نبود که خانواده‌های تکی مالک آسیاب‌ها باشند. از این رو در اردن زمان عثمانی، آسیاب‌ها یا به‌ویژه متعلق به شیخی پولدار یا گروهی سهامدار بودند.

ارتباط بین آسیاب‌ها و نهادهای مذهبی در اردن و سوریه را مشکل بتوان مشخص کرد. مکان آسیاب‌های دمشق بیشتر نزدیک است به مسجدها و صومعه‌هایی چون خانقاه طاحون (صومعه آسیاب) که خارج از دیوارهای شهر قدیم و منسوب به نورالدین زنگی است که می‌گویند آن را در سال ۵۶۰ق بنا کرد. در اردن آسیاب‌های آبی به شکل وقف به حاکمان مملوک مصر تعلق داشت، که ظاهراً این امر در آنجا بین سده‌های هفتم و هشتم هجری عادی بوده است. این سنت تا زمان حکومت عثمانی ادامه یافت، که در آن ساخت، تعمیر و نگهداری نهادهای دینی، اغلب سامانه‌های آبیاری را هم در بر می‌گرفت. مثلاً این مورد را در وقفنامه سلطان سلیم دوم (حک ۹۸۲-۹۷۴ق) در سوریه می‌توان دید که آسیاب‌ها و ناعوره‌ها موقوفات دینی بودند که صاحبانشان در دوران زندگی یا برای پس از مرگ خود به جا گذاشته بودند.

شیوه‌های سنتی آبیاری در ایران و عمان

از دیدگاه تاریخی، از ابتدای سده چهارم هجری مدارکی درباره سامانه‌های آبیاری و توزیع سازمان یافته آب در ایران موجود است، که نمونه‌ای از آن به مرو در خراسان مربوط می‌شود. در این سند گفته می‌شود که «سرپرست سامانه‌های آبیاری بنا شده در کنار رود مرغاب نفوذی بیش از حکمران مرو داشت، و بر ۱۰۰۰۰ کارگر که هریک وظیفه ویژه‌ای داشتند نظارت می‌کرد». مقدسی جغرافی‌دان (نیمه دوم سده چهارم هـ) نیز از ناعوره‌ها و آسیاب‌هایی در خوزستان یاد می‌کند که امیر عضدالدوله دیلمی (حک ۳۳۷-۳۷۲ق) آنها را ساخته بود و ۳۰۰ روستا را آبیاری می‌کردند.

چنان که لمتون (۱۹۹۲م) در بررسی‌های خود در قنات‌های یزد بین سده‌های هشتم و سیزدهم هجری مطرح می‌کند، در ایران نیز همانند سوریه و اردن دوران ایوبیان و مملوک‌ها، هزینه ساخت قنات بیانگر آن بود که این کار اغلب در حد توان نخبگان سیاسی و اجتماعی حاکم بود. سهم داشتن در قنات و تجارت با آن کار پررونقی بود. قنات‌ها که اغلب بخشی از مجتمع‌های ساختمانی گسترده‌تری بودند که مسجد، خانقاه و مدرسه را هم در خود جای می‌داد، در بسیاری از موارد به

عنوان وقف بر پا می‌شدند، که نخبگان حاکم روی آنها سرمایه گذاری کرده بودند. این موضوع درباره شمس الدین جوینی (د ۶۸۳ق) و رشیدالدین همدانی (د ۷۱۸ق) که وزیران دوره ایلخانی بودند، و امیر چخماق (د حدود ۸۴۶ق) که حاکم دوره تیموریان بود، مستند شده است.

اضافه بر آن، لمتون بیان می‌کند که وقف کنندگان اغلب انگیزه‌های بیش‌تری برای پیروی از سنتی داشته‌اند که طبق آن قنات را برای پشتیبانی از بنیادهای نیکوکاری و مذهبی وقف می‌کردند. این کار برای جلوگیری از غصب اموال بود و نیز برای آن که مطمئن شوند هرگونه درآمدی در مالکیت فرزندان وقف کننده باقی خواهد ماند. ساخت و نگهداری قنات‌ها در یزد تا دوران صفویه (حک ۹۰۱ تا ۱۱۳۴ق) و قاجاریان (حک ۱۱۸۹ تا ۱۳۲۵ق) به دست نخبگان طبقه حاکم ادامه یافت. میرزا عبدالوهاب طراز پژوهشگر یزدی درباره یکی از آخرین نمونه‌های آنها بین سال‌های ۱۲۴۱ تا ۱۲۴۲ق گزارش داده است.

گود برداری‌های باستان‌شناسی و منابع تاریخی همگی ارتباط بین قنات‌ها و آسیاب‌های آبی را تأیید می‌کنند.

ادغام کردن این دو به عنوان سرچشمه انرژی، سامانه مفیدی بود، زیرا کمک می‌کرد که از قنات استفاده‌ای فراتر از کارکرد اصلی‌اش بشود و به عنوان سازوکاری برای آبیاری هم به کار رود (شکل ۵). درباره وجود آسیاب‌های آبی از جمله در استان‌های یزد، خراسان و اصفهان مدارکی در دست است، اما آسیاب در آنها زیرزمینی است.



شکل ۵: نمونه‌ای از قنات زیر زمینی در ایران

آسیاب‌های با چرخ‌اب عمودی، اغلب از نوع بغل‌کار، برای آرد کردن گندم به کار می‌رفت. آسیاب‌هایی نیز برای بهره‌گیری از آب دائمی در پیوند با ابزارهای بالا برنده آب در کنار سدها جای می‌گرفتند. امروزه فناوری نوین تلمبه کردن آب و وجود تجهیزات فراوری غذا به طور کامل جای قنات‌ها و آسیاب‌ها را گرفته است، و بیشتر اینها از چرخه مصرف خارج شده‌اند.

در عمان فلج با پیروی از اصولی همچون قنات ساخته می‌شود. این سامانه مرکب از جوی‌بندی و توزیع آب، هم برای آبیاری به کار می‌آید و هم به خانه‌ها آب می‌رساند. در حقیقت از آنجا که فلج‌ها آب آشامیدنی پاکیزه‌ای فراهم می‌آورند، استفاده‌ی خانگی کار اصلی آنها و آبیاری مصرف فرعی آنهاست. سامانه فلج چنان طراحی می‌شود که در طول کل سال آب را به طور شبانه‌روزی پیوسته به جریان اندازد. ابتکار فناورانه این سامانه در طراحی آن است که آب زیر زمینی را به طور کارآمد گرد می‌آورد و به کمک نیروی گرانش به سطح زمین می‌رساند. این کار نخست با ایجاد یک «مادرچاه» (ام الفلج) صورت می‌گیرد که با عمق تا ۲ متر حفر می‌شود. جوی‌هایی را موازی با جریان آب زیرزمینی طوری می‌سازند که بتواند آب را به سوی خروجی فلج جاری سازد. فلج سرپوشیده را با مجموعه‌ای از چاه‌های عمودی، با فاصله‌های ۱۵ تا ۳۰ متر از یکدیگر، و به قطر ۱/۵ متر می‌سازند، و آنها را با مجموعه‌ای از تونل‌ها به قطرهای گوناگون، از نیم تا یک متر، به هم اتصال می‌دهند. آب آزادانه از درون این تونل‌ها جاری می‌شود.

فلج‌ها را می‌توان بسته به چگونگی و مقدار آب جاری و ماهیت زمین شناسی مسیر آن در سه دسته جای داد: غائلی، داودی و عینی. «فلج غائلی» بیشتر جوی‌هایی با ماهیت فصلی‌ست که جریان آب در آنها ناشی از باران و نفوذ آبهای کم عمق از بستر خشک‌رودها و دامنه‌های کوهستان است. آب «فلج داودی» به طور معمول از سامانه‌های آبخوان منطقه‌ای تأمین می‌شود که این آبخوان‌ها جریان دائمی آب را از درون تونل‌هایی طولانی، بین ۳ تا ۱۲ کیلومتر، برقرار می‌کنند. در این نوع فلج، آب از شبکه گسترده‌ای از شاخه‌های فرعی، همانند قنات‌ها در ایران، فراهم می‌شود. در اینجا نیز، برای کمک به نگهداری و هوادهی مجراهای آب، در فاصله‌های گوناگون چاه‌های عمودی می‌کنند. سرآغاز «فلج عینی» سر چشمه است (عین یعنی چشمه) و از طریق جویی روباز، یا ترکیبی از قنات زیرزمینی و روی زمینی به سوی مقصد خود روان می‌شود. در عمان امروز هنوز حدود ۳۰۰۰ فلج مشغول به کار است.

سیمای کشور عمان، چه در مناطق شهری و چه مناطق دوردست روستایی، آکنده از چشم‌انداز سامانه‌های پیچیده فلج است. در شهرهای کاخ-قلعه‌ای در بیابان‌های داخل عمان مانند قلعه بهلاء (سده‌های ۶ تا ۹ هـ) که میراث جهانی یونسکو محسوب می‌شود، جوی‌های آب طوری طراحی شده بود که از چشمه‌های موجود در واحه‌های اطراف قلعه به ساکنان هر خانه آب تحویل داده می‌شد. سامانه فلج همچنین بخشی جدایی ناپذیر از ساختمان قلعه‌های منفرد، مانند قلعه حزم در استان رُستاق (۱۱۱۱ق) باقی ماند، و بخشی از شبکه گسترده‌تر جوی‌هایی را شکل داد که به روستاهای دوروبر آب می‌رساندند. با وجود زمین‌های اغلب ناسازگار عمان که پوشیده از

صخره‌های کارستی^۱ است، حتی در واحه‌های دوردست داخلی امکان طرح ریزی سامانه فلج برای آبرسانی به روستاها وجود داشت؛ روستاهایی که بدون آن از شبکه ارتباطی گسترده‌تر محروم می‌ماندند. برای نمونه در دره میح نزدیک مسقط، یک مجتمع کشاورزی متعلق به سده ۱۲ تا ۱۳ هـ از سامانه‌ای بهره می‌برد که به طول چندین کیلومتر در کناره‌های دره بنا شده بود، و حتی در روستای دره طیوی که در عمق تپه‌ماهورهای صخره‌ای قرار دارد و تنها با خودروهای بیراهه‌رو به آن می‌توان رفت، ساخت و مهندسی هوشمندانه آب جاری را برای روستاییان فراهم کرده است.

در مناطقی مانند واحه طیوی، این فناوری کهن لازم است، زیرا وضعیت زمین نصب گونه‌های امروزی تر تجهیزات آبیاری و آبرسانی را مشکل کرده است. در روستای رها شده تنوف هم این موضوع آشکار است، چه در آنجا شبکه دراز و گسترده‌ای از فلج‌ها را در آن سوی دره که بخش‌هایی از روستای کهن در آن بنا شده بود ساختند که هنوز به کار خود ادامه می‌دهد. سرزمین‌های بلندتر عُمان در نواحی کوه اخضر نیز از این اختراع فنی هوشمندانه بهره می‌برد، چه در آنجا روستاهای سرپا مانند العین، و روستاهای رها شده مانند دره ابن حماد هنوز با شبکه‌هایی از فلج آبرسانی می‌شوند (شکل ۶).



شکل ۶: فلجی در العین، کوه اخضر، عُمان

درباره فلج در عمان کمتر سند مکتوب تاریخی یافت می‌شود، و در مورد بیشتر اطلاعات تاریخی موجود می‌توان روی تاریخ شفاهی تکیه کرد، که پژوهش‌های باستان‌شناسی را هم باید به آن افزود. پژوهشی که در سال ۲۰۰۶م روی منطقه دره دَنک انجام شد، به وجود تعدادی فلج در شهر معدنی ارجاع، اشاره می‌کند که در آن شهر شماری آسیاب آبی نیز وجود داشت، حاکی از این که سامانه‌های آبیاری و آسیابی تا مدتی طولانی در دوره عباسیان (از ۱۵۰ تا ۶۵۸ق) بخشی جدانشدنی از صنعت مس آن منطقه بوده است.

طی پژوهش باستان‌شناسی وادی فنجا و

۱. صخره‌هایی که در آنها انحلال و خوردگی نا منظم رخ داده و پدیده‌هایی مثل حفره و غار دیده می‌شود. م

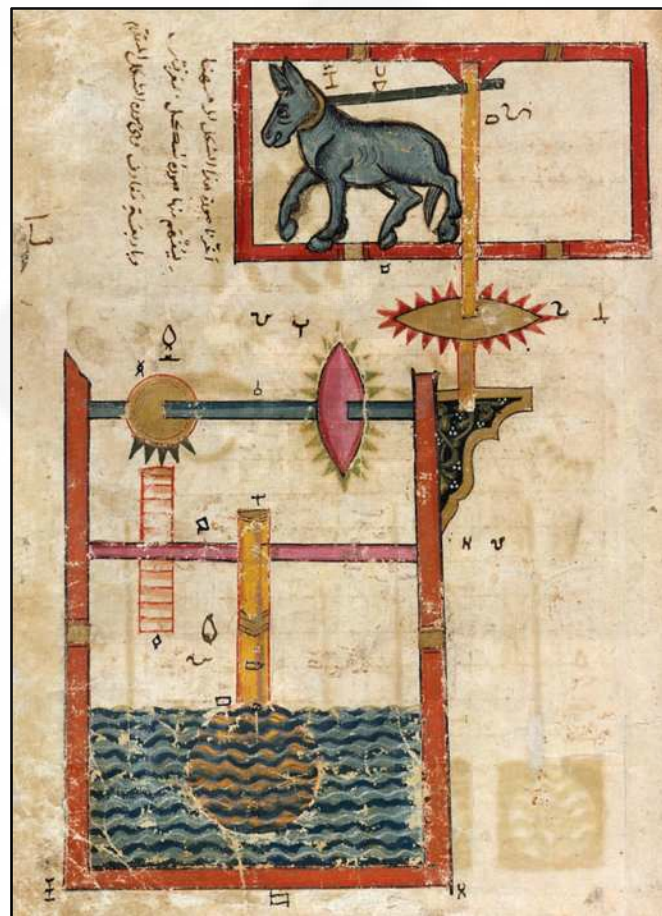
وادی الخوض و سامانه‌های فلج آنها گفتگوهایی با روستاییان در گرفت که گزارش آن در سال ۲۰۰۲ انتشار یافت. بر آن پایه گفته شد که عضوی از نخبگان هیأت حاکم که به خاندان یعارب‌ه (۱۶۲۴-۱۷۴۱ق) یا به دودمان بوسعید (۱۱۵۸ق- اکنون) تعلق داشت، در سده ۱۲ هـ فلجی به نام فلج زُویری به کار انداخت تا تشکیلات کشاورزی پایداری برپا کند. این کار در روستای فنجا با مخالفت بومی چشمگیری روبرو شد، زیرا افزودن فلجی خصوصی میزان تأمین آبی را که در دسترس بخش کشاورزی موجود، در مالکیت روستاییان بود کاهش می‌داد. نمونه‌هایی از آسیب‌های آبی همراه با فلج را، گرچه شبیه به یافته‌های معمول در اردن یا سوریه نیستند، در نقاط گوناگونی همچون ساحل باطنه در عُمان یافته اند، که آنها را روی زمین یا زیر آن بنا کرده‌اند.

رساله‌های فنی و کشاورزی

از سده ۴ هجری به بعد درباره سامانه‌های آبیاری و کشاورزی رساله‌های فنی و کشاورزی نوشته شد. رساله کهن مهمی به نام استخراج آبهای پنهانی (انباط المیاء الخفیه)^۱ نوشته ابوبکر کرجی، پژوهشگر [ایرانی] علوم ریاضی سده ۵ هجری وجود دارد که در آن اطلاعات و تصویرهای دقیقی درباره بیرون کشیدن آبهای زیرزمینی وجود دارد. درباره آبیاری، سندی از سده ۶ هجری در دست است به نام کتاب مجموعه کارهای فرمانروایی و سوابق حساب‌های خزانه داری (کتاب الحواوی للاعمال السلطانیة ورسوم الحساب الدیوانیة)^۲ که درباره جنبه‌های فنی، اقتصادی و مدیریتی آبیاری در عراق دوران آل بویه صحبت می‌کند. این کتاب سه بخش دارد و از تجهیزات آبیاری، طراحی و توسعه میدانی و مشکلات احتمالی در زمان طرح‌ریزی و اجرای کارهای آبیاری پرده برمی‌دارد. یکی از پرآوازه‌ترین رساله‌ها که بدیع الزمان جزری صنعتگر و دانشمند (د حدود ۶۰۲ ق) نوشته، کتاب (الجامع بین العلم والعمل النافع فی صناعة الحیل)؛ یا (کلیات نظری و عملی سودمند در دانش مکانیک) [ترجمه شده به فارسی به نام مبانی نظری و عملی مهندسی مکانیک در تمدن اسلامی]^۳ است که در بردارنده توضیحات و نقشه‌های فنی دستگاه‌های گوناگون آبی، از جمله دستگاه‌های بالابرنده آب است (شکل ۷). این مطالب بعدها به دست دانشمندانی چون دانشمند علامه زمان عثمانی، تقی الدین محمد بن معروف (۹۳۲ تا ۹۹۳ ق) شرح و بسط بیشتری یافت. ابن ممّاتی دانشمند دوران ایوبیان (د ۶۰۹ ق) در کتاب احکام اداره‌های دولتی (کتاب قوانین

۱. ابوبکر محمد بن الحسن الحاسب الکرجی، استخراج آبهای پنهانی، ترجمه حسین خدیوچم، انتشارات بنیاد فرهنگ ایران، ۱۳۴۵. م
 ۲. نوشته احمد بن المسکی که گویا خود را شاگرد ابوعبدالله محمد بن حسین شقاق (د ۵۱۱ ق) معرفی کرده است. م
 ۳. ترجمه محمدجواد ناطق، حمیدرضا نفیسی، سعید رفعت‌جاه، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ اول، ۱۳۸۰.

الدواوین) خود اطلاعاتی دربارهٔ اداره‌های دولتی وابسته به کشاورزی و آبیاری به دست می‌دهد. از جمله وظایف مدیر اجرایی (امین) کمک کردن به حاکم (نایب) در بازرسی کارهای آبرسانی بود. ابن ممّاتی با تأکید بر این که برای تعمیر و نگهداری امور آبرسانی برنامه‌ای دولتی وجود داشته است، لایروبی مجراهای آب را تشریح می‌کند. شهاب‌الدین نویری (۶۷۷ تا ۷۳۳ق) دانشمند دورهٔ مملوک‌ها، در کتاب راهنمایش با عنوان نهایت بلندپروازی در هنرهای هوشیاری (نهایت الارب فی فنون الادب) قواعد آبیاری را همراه با شرح دقیق فرایند تولید شکر، و نیز انواع آبیاری موجود برای حفظ فراورده‌های قندی بیان می‌کند.



شکل ۷: برگی از کتاب حیل، نوشتهٔ جزری، به تاریخ ۷۱۵ق؛ موزهٔ هنرهای متروپولیتن، نیویورک

در آثار مربوط به حسبه (کنترل نرخ‌ها) یا بازرسی بازار، اطلاعاتی دربارهٔ مدیریت سامانه‌های آبیاری نیز، افزون بر مدارک رسمی موجود است. دو تا از پر آوازه‌ترین کتاب‌های راهنما آنهایی هستند

که ابن تیمیّه (د ۷۲۸ق) و محمد السنواری (سده‌های ۷ تا ۸ هجری)، هر دو از دانشمندان دوره مملوک‌ها نوشته‌اند. السنواری از پرسش‌هایی که درباره بهره بردن از آب و آسیاب‌هاست، مثل اختلاف نظر بین همسایه‌ها و ساخت آسیاب در ملک شخصی سخن می‌گوید. این نکته‌ها را به طور معمول نزد محتسب بازگو می‌کردند که چاره‌جویی کند. ابن تیمیّه دفتر محتسب را جایی می‌داند که بیشترین خدمات اجتماعی در آن عرضه می‌شود. کار او پیگیری کل وظایف شهرداری از جمله روشنایی خیابان‌ها، حمل زباله، معماری ساختمان‌ها، آبرسانی و جلوگیری از بروز آلودگی است. دفتر محتسب تا دوره عثمانی همچنان پابرجا بود، هر چند اداره سامانه‌های آبیاری را به طور معمول به مجله (مجله الاحکام العدلیه) یا دفتر قانون مدنی، یا قانون اداری عثمانی که به آن "قانون نامه" می‌گفتند می‌سپردند. مجله قواعد دقیقی برای اداره سامانه‌های آبیاری، مالکیت زمین، حقایق‌ها، مرمت ترعه‌های آبیاری و ساخت آسیاب‌ها داشت.

نتیجه‌گیری

پژوهش‌های تاریخی و باستان‌شناسی گواه بر آن است که از نخستین روزهای دوره اسلامی، آب از دیدگاه اقتصادی، اجتماعی و حتی سیاسی ارزشمند بوده، و سامانه‌های کارآمد آبیاری اهمیت داشته است. این نکته امروز در بازمانده‌های پرشمار چنین سامانه‌هایی در منطقه‌ای گسترده‌تر دیده می‌شود. صنعتگران محلی می‌دانستند چگونه برای آبیاری آب را تامین کنند و نیز چگونه آن را چون منبع انرژی به کار گیرند. پیوندهای بین آسیاب‌ها، باستان‌شناسی، سکونتگاه و پهنه زیست از اقتصادی همیشه فعال بهره می‌برد و روشن است که دنیای اسلام، چه در روستا و چه شهر، پربار و از دیدگاه فناوری پیشرو بود. اهمیت مداوم سامانه‌های آبی ساخت دست انسان از سده چهارم هجری تا همین اواخر نمونه سترگی از نبوغ فنی و علمی جوامع در دنیای اسلام است.

منابع

- ابن مماتی، کتاب قوانین الدیوانی، به کوشش عاتیه، ع. س.، قاهره، جمعیت الزراعیة الملكية، ۱۹۴۳؛
ابن تیمیّه، الواجبات العامة في الإسلام، ترجمه انگلیسی، لیستر، بنیاد اسلامی، ۱۹۸۳؛
مقدسی، أحسن التقاسیم في معرفة الأقالیم، ترجمه انگلیسی، گارنت، ۱۹۹۴.