نقش قنات در آبادانی کویرها

از: هرمز پازوش

چکیده

در نقاط خشک قاره ی آسیا و به ویژه در ایران باستان، نیاز به آب مردم را واداشت تا از دیرباز به استخراج و بهره‌برداری از آبهای زیر زمینی بپردازند. فن قنات سازی‌که در ایران ابداع گردید و تکامل یافت به دیگر نقاط این قاره و قسمتهای خشک آفریقا برده شد. ساختن قنات که در واقع می‌تواند یکی از عجایب چندگانه دنیا و سودمند ترین آنها برای زندگی انسان بشمار آید، با ابزار دستی و با روشی ساده، ولی بسیار بدیع، قرنها و قرنها ادامه یافت. برخی از قناتهاپس از ساخته شدن، نسل پس از نسل مورد استفاده قرار گرفتند. تعمق در روش حفر قنات آثار می‌سازد که پارسیان از هزارها سال پیش از طرز تشکیل و جریان آب های زیر زمینی اطلاع داشته اند. به توسط قناتها، آنها توانستند آب زیر زمینی لایه های آبدار دامنه ی کوهها را بوسیله‌ی نیروی ثقل به حاشیه ی کویرها رسانده و کویرها را آباد سازند. بسیاری‌از شهرها و مراکز تمدن باستانی ایران نیز در حاشیه ی همین کویرها و تنها به کمک قنات بناگردیدند.

دردهه های اخیر به علت ازدیاد جمعیت، افزایش مصرف و تغییر کشت ناشی از بهبود درآمد، آب قناتها به تنهائی تکافوی احتیاجات را ننمود. به این دلیل و دلایلی دیگر کشاورزان و مالکین به حفر چاههای عمیق رو آرودند. با پمپاژ آب از این چاهها و پایین افتادن سطح آب زیر زمینی، آبدهی بسیاری از قناتها کاهش یافت‌و به علت بی توجهی در نگهداری ومرمت آنها موجبات خشکی تعداد بیشماری ازاین قناتها فراهم‌آمد. البته عوامل دیگری نیز در بایر شدن قناتها موثر بوده و هستند که مسئله ی مالکیت و مشکلات حفر قنات و کندی پیشرفت کار از آن جمله اند و تا رفع این دو مشکل اساسی احیاء قنوات ممکن نخواهد شد.

۱ـ مقدمه

انسان برای ادامه زیست پیوسته در جستجوی آب بوده‌است. وی در ابتدا، تنها به رودخانه ها و چشمه ها دسترسی داشته ولی در نقاط خشک‌و کم آب با رشد جمعیت و ازدیاد نیاز به آب ،به اجبار، بدنبال دیگر منابع آب، یعنی همانا آبهای پنهانی درون زمین و یا آبهای زیرزمینی شروع به کاوش نموده است. این کاوش شایدبا کندن گودال درمظهر چشمه ها برای یافتن منشاء آن شروع شد تا انسان توانست به آب زیر زمینی دست یابد. رفته رفته با آموختن این تجربه که ابعاد گودال چندان تناسبی با آب قابل استخراج ندارد، حفر گودال به حفر چاه مبدل شد. بدین ترتیب در نقاط خشک و بدون آبهای سطحی و یادارای آبهای سطحی ناکافی استخراج آبهای زیر زمینی یکی از فعالیتهای مهم و اساسی مردم گشت تا کمبود آبهای‌سطحی جبران شود. در آسیا، بویژه در قسمتهایی‌از ایران باستان که آب‌سطحی کمیاب و بارندگی در فصل آبیاری ناچیزبوده است ضرورت استخراج وبهره برداری از آبهای زیر زمینی برای نمو وحیات ساکنان آن از زمانهای بسیار قدیم بیشتر احساس شد. در این‌منطقه حفرچاه ها به دلیل نیاز به آب بیشتر ودرمواردی با کیفیت برتر و نیز لزوم و سهولت انتقال آب از منشاء آن به محل مصرف (دشت ها یا حاشیه کویرها) رفته رفته به فن قنات سازی بدل گردید (علت آن بود که در مناطق کویری آب چاه ها غالبا "دارای املاح فراوان و معمولا "شور بوده وبرای مصارف شرب و حتی کشاورزی مناسب نبوده است.

* دانشیار گروه راه ساختمان دانشکده فنی، دانشگاه تهران.

بیسواز[1] (۱۰) و سینگر[2] و همکاران (۱۸و۱۹)، ابداع این‌فن می‌باید توسط ایرانیان صورت گرفته باشد. دلایل بسیاری‌نیز برای این مدعا وجوددارد. از جمله نقل شده است که‌سارگون دوم (شاه آشور) در حدود ۷۲۰ پیش از میلاد چنین ادعا نموده بود که در جنگ با ساکنین اطراف دریاچه ی ارومیه ی امروزی به رازدست یابی به آب زیر زمینی پی برده است، و یا وقتی داریوش (شاه هخامنش) برمصر قدیم در جنگ مسلط گردید سرداروی‌سیلاکس[3] برای مصریان قناتی‌به سبک ایرانی برای آوردن‌آب ازصحرا ساخته بود. مصریان به منظور قدر دانی از این کار ایرانیان معبد آمون[4] را ساختند و عنوان فارو[5] (رهبران قدیم مصر) را برداریوش نهادند (۹و۲۳). این فن ایرانیان به‌مصر، هندوستان، ترکستان و چین برده شد (۱۱و۱۸و۱۹) و سده ها بعد، با تسلط مسلمانان بر قسمتهایی از افریقا و اسپانیا، مردم این کشورها فن قنات سازی را فرا گرفته و بعدها اسپانیاییها نیز آنرا به دنیای نو (قاره آمریکا) بردند (۱۱).

بسیاری‌از واژه هایی که امروز در نقاط مختلف جهان برای قنات بکار می‌رود، چون کاریز، کهریز، کاهریز دارای ریشه ی فارسی است. در سیستان و بلوچستان‌وافغانستان، قنات به نام‌کهریز و یا کاریز موسوم است. درتونس‌والجزیره آن رافکاره می‌نامندو در عربستان ویمن به آن شاریزمی‌گویند (۱۱و۲۳). در صحرای آفریقا قناتها فراوانند، حدود ۲۰۰۰ کیلومتر قنات تنهادر منطقه ی تات[6] وجود دارد و مردمی که در حاشیه جنوبی صحرا زندگی می‌کنند قناتها را کار ایرانی می‌دانند (۲۳). معمول بودن واژه ی فارسی "کاریز" در قسمتهایی از ایران باستان که از حمله و غارت اعراب بدور ماندو نیز در بسیاری از سرزمینهای دیگر چون ترکستان دلیل دیگری براین مدعا است که زادگاه قنات می‌باید ایران بوده باشد.

ساختن قنات به تونل سازی شباهت دارد ولی ازآن پیچیده تر است و به دانستن اصول پیدایش و حرکت آب در زیر زمین نیز نیاز دارد. بهمین دلیل برخی از متخصصین آبهای زیر زمینی از جمله برنیسون[7] از قنات به عنوان "خارق العاده ترین‌روش بهره برداری از آبهای زیر زمینی" نام می‌برد (۲۳)وباتولمن[8] (۲۰) قناتهای ایران را "اعجاب انگیزترین کارانسان باستان برای گرد آوری آب زیر زمینی" دانسته است. در واقع قنات سازی کاری عجیب تر، دشوارتر و برای زندگی انسان ها بسیار سودمند تر از عجایب دیگر دنیای قدیم (یعنی همان عجایب هفتگانه) بوده است‌و جا داردآن را همراه باهفت عجایب دیگر جزءعجایب هشتگانه بشمار آورد. با استفاده از قناتها، ایرانیان توانستند تادو سه دهه پیش، بیش از ۷۵٪ از تمام آبهای مورد نیاز خودرا تامین نمایند (۲۲). این قناتها بالغ بر ۴۰۰۰ رشته بوده و جمعا "نزدیک به ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر (۱و۱۱و۲۲) یعنی تقریبا" برابر با فاصله ی بین کره ی ماه و زمین طول داشته ودست کم پنج بار از تمامی راههای موجود در این سرزمین درازتر بوده‌اند. درازای هریک از این قناتها بین ۱ تا ۷۰ کیلومتر و آبدهی آنها از کمتراز ۵ تا بیشتر از ۵۰۰ لیتر در ثانیه متغیر بوده است. مجموع آبدهی قنات ها حدود ۷۵۰ متر مکعب در ثانیه برآورد شده است (۲). با این آب به آسانی می‌توان حدود ۱/۵ میلیون هکتارزمین را زیر کشت آورد (۱). ولی متاسفانه بسیاری از قناتها درسالهای اخیر متروک گشته و آبدهی کل آنها در حال حاضر به نصف مقدار بیان شده نیز نمی‌رسد.

۲ـ ساختمان قناتها و جریان آب در آنها

قنات، تونل یا مجرای زیر زمینی به نام "پشته" یا "نقب" است که در زمینهای آبرفتی و یا سفره های آبدار حفر شده و آب شیرین را از طرف دامنه ی تپه ها یا کوهها به محل مصرف (که معمولا" در جلگه های‌رسوبی پائین دست است) می‌آورد. ساختن‌این‌مجرای زیرزمینی و در واقع حفر قنات حرفه ی ویژه ای است. موضوع این مقاله، ساختن قنات نبوده و در اینجا تنها به اساس کار اشاره می‌شود. ساختن قنات در مقالات متعدد و کتابهایی از جمله کتابی که کرجی (۳) دانشمند بزرگ ایرانی در یکهزار سال پیش نوشت (و روش بیان شده درآن تفاوت چندانی با روشهای

1- Biswas 2- Singer 3- Scylox 4- Ammon
5- Pharaoh 6- Taut 7- Bernison 8- Tolman

امروزی ندارد) ، آمده است .در واقع کرجی یکی از مفاخرعلم و مهندسی ایران‌است که دانشش‌در علم هیدرولوژی دانسته‌ی دانشمندان غربی تا سده های ۱۷و۱۸ میلادی را ناچیز جلوه می‌دهد (۱و۱۵) و جای آن دارد که هزاره ی وی را به عنوان پایه گذار علم هیدرولوژی جشن گرفت (۱۶) . قنات کن ها که در ایران به نام " مقنی " و در افغانستان به نام " کاریزکـن " (۱۰) موسومند غالبا " حرفه ی خود را به طور موروثی از پدر به پسر، نسل به نسل انتقال داده اند . برای حفر قنات ، ابتدا مقنی‌نقطه ای را که در آن احتمال وجود آب می رود جستجو کرده و سپس در آن نقطه میله چاهی حفر می‌نماید تا به طبقه ی آبده برسد .این‌نقطه معمولا "دربالا دست‌زمینهای آبرفتی واحتمالا " دهانه ی دره های کوهستانی خشک و اقـع بوده و تجربه مقنی با توجه به نوع زمین ، رنگ خاک ، تغییر (حتی اندک) در پوشش گیاهی و غیره بهترین راهنمای وی در یافتن آن است . با رسیدن به طبقه ی آبده و اطمینان از آبدار بودن آن به مقدار کافی ، ترازیابی ابتدایی و ساده ای صورت می‌گیردتا اختلاف‌ارتفاع سطح آب زیر زمینی تانقطه‌ی مصرف (یا مظهر قنات) و امکان رساندن آب به آن نقطه بـه طورطبیعی توسط نیروی وزن معین‌شود .اگر نتیجه‌مثبت باشد ، بین‌این میله چاه (که "مادر چاه" نامیده می‌شود) و مظهر قنات تعدادی میله چاه به فواصل از۱۵ تانزدیک به ۱۰۰ متر از یکدیگر در امتدادی که پشته قنات قرار است ساخته شود ، حفر می‌گردد تا بیرون کشیدن خاک از نقب و هوادهی آن عملی گردد . عمق مادرچاه قناتها به طور متوسط بین ۲۵ تـا ۳۰ متر است . ولی عمق مادرچاه قناتهای نزدیک گناباد* و بیرجنداز ۳۰۰ متر نیز تجاوزمی‌کند (۱۰، ۲۱) .طول پشته ی قنات هامعمولا "بین ۱۰ تا ۱۵ کیلومتر است ولی درقناتهایی از جمله قنات ماهون به کرمان ، این درازا به ۳۰ کیلومتر نیز می‌رسد (۸، ۲۱) .حفر میله چاهها و نقب معمولا " با هـــم صورت می‌گیردو گروهی مرکب از چندین نفر این کارها را انجام می‌دهند . حفر پشته از هر میله چاه به دو طرف بالا دست و پایین دست صورت می‌گیرد و قسمت خشکه کارمعمولا " در فصل خشک حفر می‌شود . خاک کنده شده در سطلهـــای لاستیکی که جای ۲۵ تا ۳۰کیلو خاک را دارد پرشده و آنرا روی کف نقب می‌کشند تا به زیر میله ی چاه برسد .

از اینجا دیده می‌شود که هرچه فاصله چاه هـا بیشتر شودحجم چاه کنی کاهش خواهد یافت . ولی درعوض حمل خاکهای کنده شده ازنقب بیشتر خواهد شد . درفاصله چاه ها از یکدیگر مسئله هوادهی نیز موثر است . معمولا " هرچه فاصله میله چاه ها از هم بیشتر باشد هوای درون‌نقب بدتر خواهد بود . از این رو در قسمتهای پایین دست قنات که چاه ها کم عمقندفاصله چاهها از یکدیگر چنان در نظـر گرفته می‌شود که مخارج عملیات خاکی را به کمترین مقـدار رساند . بهمین دلیل است که‌می‌بینیم هرچه از طرف مادر چاه به طرف مظهر قنات پیش رویم از فاصله چاه ها کاسته می‌شود ، بطوریکه در نزدیک مظهر که فاصله نقب یا پشتـه قنات از سطح زمین از چند متر تجاوز نمی‌کند ، چاه ها نیز به فاصله کمتر مثلا " ۲۰ و یاحتی ۱۵ متر از یکدیگر حفـــر شده اند .ولی درقسمتهای بالا دست وقتی که هوادهی‌قنات امکان دهد فاصله چاهها از هم حتی به ۱۰۰ متر و بیشتر نیز می‌رسد .در سعادت آباد در ملک سابق سید ضیاءالدین طباطبائی قناتی وجود داردکه فاصله ی میله چاه های آن از هم به ۲۰۰ متر می‌رسد (۲۰) . درغیر اینصورت فاصله ی چاهها به مقداری که هوادهی اجازه می‌دهدمحدود می‌شود . در نوشته ها به مسئله ی رابطه ی فاصله ی میلـه چاه هـــا و حجم عملیات خاکی کمتر توجه شده بلکه فاصله ی میله چاهها تابعی از هوا دهی قنات دانسته شده است .

قطر میله چاه هابین ۸۰ تا ۹۰ سانتی متر بوده و پشته معمولا " ۱۲۵ سانتیمتر ارتفاع و ۷۵ سانتی متر پهنـــا داشته و به شکل تخم مرغی ته صاف است .شیب پشته قنات حدود ۱ به ۱۵۰۰ تا ۱ به ۱۰۰۰ در قسمت "خشکون"بوده و درقسمتهای بالا دست " زهون" یعنی در قسمت آبده‌شیب قنات معمولا "بیشتر گرفته می‌شود . هرگاه قنات بدون‌پوشش بوده و شیب پشته ی آن ۱ به ۱۰۰۰ باشد می‌تواند بیش از ۵۰۰ لیتر در ثانیه را ، وقتی که آب در آن کاملا " پرجریان نماید از خود بگذراند ، که بیش از ۳۰۰ لیتر در ثانیه ای است که نوئل[1] گزارش‌نموده است (۱۵) . البته طبق گفته‌ی مقنی‌ها در زمان پر آبی ، سطح آب در چاههای بالا دست گاهی چند متر بالا می‌آید . در اینصورت بده قنات به‌مقدار قابل توجهی بیش از مقدار بیان شده‌ی قبلی است .اما در

---

* حمداله مستوفی قزوینی عمق قنات گناباد را بالغ بر ۷۰۰ گز گزارش نموده است (۲) .

1- Noel

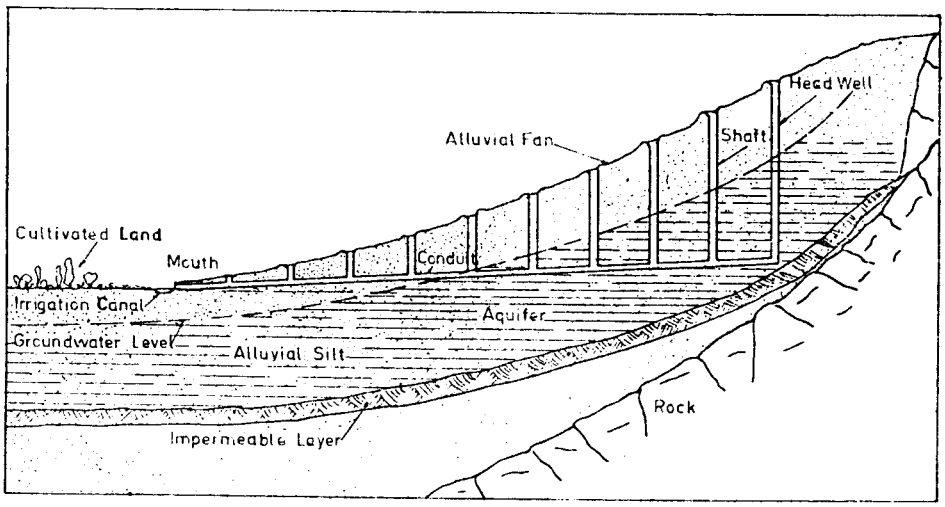
حالت عادی بیشتر قنات ها چنان جریان دارند که معمولا " $\frac{1}{3}$ ارتفاع نقب از آب پر است . بده قناتهابه طور متوسط بین ۵۰ تا ۱۵۰ لیتر در ثانیه متغیر است (۲۳) .

باتوجه به ساختمان قنات دیده می‌شود که سطح سفره ی آب‌در قسمتهای بالا دست قنات مثلا " در مادر چاه باید دست کم چند متر از سطح زمین محل مصرف آب (جلگه و یا دشت مسطح) بالاتر باشد .چون سفره های‌آب ،خود در دل زمین قرار دارند در نتیجه قناتها به مکانهایی محدود می‌شوند که ۱ــ عمق زمین آبده (عمق سطح آب) در زمین خیلی زیاد نبوده و ۲ــ شیب زمین طوری باشد که پشته قنات در فاصله محدودی به زمین رسیده وتوسط نیروی وزن ، آب را به زمین برساند . چنین مکانهایی جز دامنه تپه ها و کوهها جای دیگر نمی‌توانند باشند . مصرف آب قنات در دشتهایی است که آبهای سطحی ناچیز و یا حتی در تابستان بی آب ، آب باران کم و آبهای‌زیر زمینی معمولا " درچنان ژرفا و یا آنچنان شور باشدکه نتوان بطور اقتصادی از آن بهره گرفت . اما در زمینهای بلند دامنه تپه ها ویا کوه ها بارندگی از نوع کوهستانی بوده وفراوان تر است . آب باران از این‌دامنه‌های پرشیب به سرعت سرازیر شده ولی قسمت بیشتر آن به شن و ماسه آبرفتهای مجاور فرو می‌رود ؛ تجربه نشان می‌دهد که حدود ۸ تا ۹ دهم این آب در عرض چند کیلومتر به زمین نشت می‌کند .آب فرو رفته در لایه های آبدار جمع آوری‌شده واز طریق آنها به حاشیه کویرها که آب زیر زمینی ، درمقایسه عملا " راکد و بنابراین غالبا " شور است ، می‌رسد . گرچه سطح زمین از دامنه کوه بطرف کویر شیب یکنواخت و ملایم دارد ولی نیمرخ سطح سفره آب بیشتر شبیه یک کاسه است . سطح آب ، در قسمتهای مرکزی کم شیب‌تر از سطح زمین بوده ولی در بالادست (در دامنه کوه) شیب بسیار تند داشته وبه سطح زمین‌نزدیک می‌گردد (شکل ــ۱) .آب زیر زمینی درمرکز دشت تقریبا " ساکن بوده و معمولا " دارای‌املاح فراوان است ولی‌در قسمتهای آبخور دامنه ارتفاعات غالبا "شیرین وبدون املاح می‌باشد . برای بیان این مطلب هرگاه قطر دانه های زمین آبده را تنها حدود ۲ تا ۳ برابر قطر موثر دانه های خاک کویر در نظر بگیریم ، نفوذ پذیری زمین دامنه کوه (قسمت آبخور قنات) دهها بار از نفوذ پذیری طبقات پایین دست (حاشیه‌ی کویر) بیشتر است .هرگاه میانگین شیب سطح آب در قسمت آبخور نیز ده برابر شیب سطح آب در حاشیه کویر باشد (که معمولا " نسبت شیبها از این هم بیشتر است) با استفاده ازقانون دارسی :

$$V = KI$$

که درآن I شیب سطح آب وK نفوذ پذیری زمین است ،دیده می‌شود که سرعت جریان آب زیر زمینی در دامنه‌ی کوه صدها بار (وگاهی هزارهابار) از سرعت جریان در قسمت پائین دست بیشتر است .از این جهت است که آب زیر زمینی‌حاشیه ی کویر به علت کند بودن جریان و تماس طولانی با لایه های خاک ، املاح آن را حل نموده ومی‌تواند دارای شوری ویا سنگینی به مراتب بیشتر از آب قنات‌باشد . در حالیکه وقتی‌آب شیرین زیر زمینی در قسمتهای آبخور وارد قنات شود با سرعتی بین ۱ تا ۲ کیلومتر در ساعت درآن حرکت نموده و بنابراین در تماس طولانی با خاک‌قرار نمیگیرد . از اینرو ، درحاشیه کویرها که آب زیر زمینی یا دارای شوری زیاد بوده و یا در عمق زیادتر قرار دارد ،حفر چاه ها و برداشت آب از آنها دارای چندان ارزش عملی نمی‌باشد . بهمین دلیل است که تمام قناتهای دنیا در دامنه تپه ها قرار داشته و آب آنها در حاشیه کویرها به مصرف می‌رسد .

با نگاهی به نقشه بارش درایران (شکل ــ۲) دیده می‌شود که مقدار بارندگی سالانه در قسمت هایی از فلات مرکزی ایران از ۲۰۰ میلیمتر کمتر بوده و در نقاطی حتی‌به ۱۰۰ میلیمتر نیز نمی‌رسد . کمبود باران در این‌فلات امکان هرگونه کشاورزی را غیر ممکن می‌نماید . در واقع در نقاط دیگردنیا با آب و هوای مشابه چون‌قسمتهای مرکزی‌استرالیا هیچگونه کشاورزی صورت نمی‌گیرد (۲۲) . قسمت هایی از جنوب باختری آمریکا (قسمت بزرگی از ایالات نوادا و آریزونا) نیز به علت کمبود آب سطحی بحال خود رهاشده وتکنولوژی پیشرفته‌ی آن کشور نتوانسته است راه حل اقتصادی برای‌آبیاری این‌مناطق بیابد .در حالیکه ،ایرانیان به‌حفرقناتها ، از قرن ها پیش آب کافی برای آبیاری‌بسیاری ازنقاط فلات مرکزی ایران ونیز تامین آب‌شهرها وروستاهای این مناطق بدست‌آوردند . تنها به علت قناتها بوده است که مثلا " سیستان با بارش سالانه ای کمتر از ۵۰ میلیمتر توانست یکی از نقاط حاصلخیز دنیا شود (۱۹) . و یا یزد از کویری خشک به یک مرکز کشاورزی مبدل گردد . تنها و تنها در اثر حفر قناتها بوده است که تعداد زیادی شهرهای بزرگ چون ری ،کاشان ، کرمان ، نیشابور ،نهاوند ، اصفهان ،مشهد ، اراک و تهران ایجاد شدند و بصورت‌مراکز



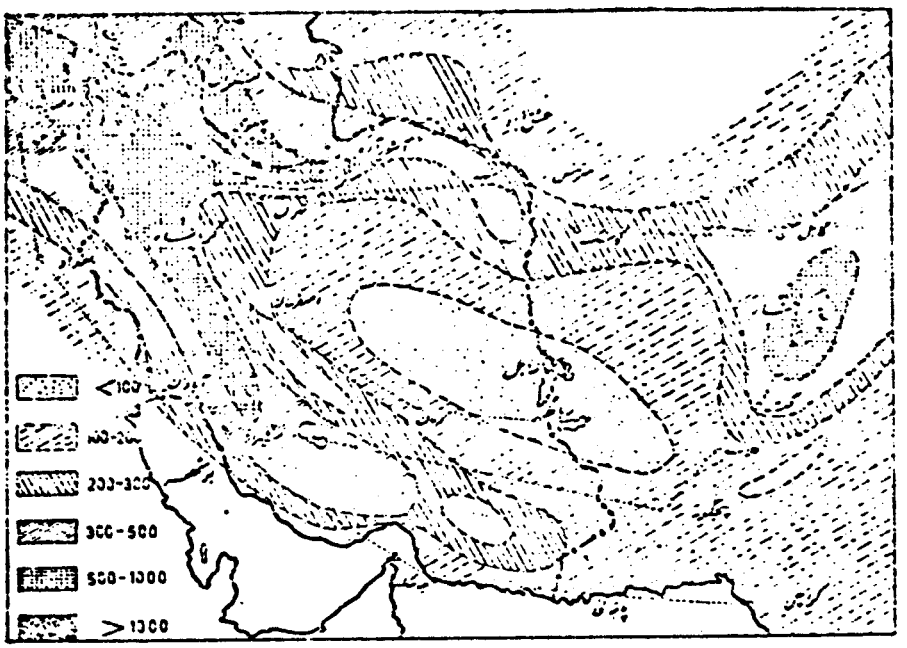
شکل ـ ۱ . مقطـــــع قنـــــــات

تمدن دنیای زمان خود توسعه یافتند .متاسفانه بسیاری ازاین مراکز درحمله‌ی اعراب و مغولان به‌ایران نابود گشتند .برخی ازاین‌شهرها با وجود اینکه بعدها تجدید بنا شدند ولی‌هرگز عظمت و اعتبار پیشین خویش را باز نیافتند . این مراکـــز جمعیت بدون قناتها حتی نمی‌توانستند بوجود آیند چه‌تمام این شهرها بطور کامل و یا تقریبا "کامل به آب قناتها وابسته بوده اند .

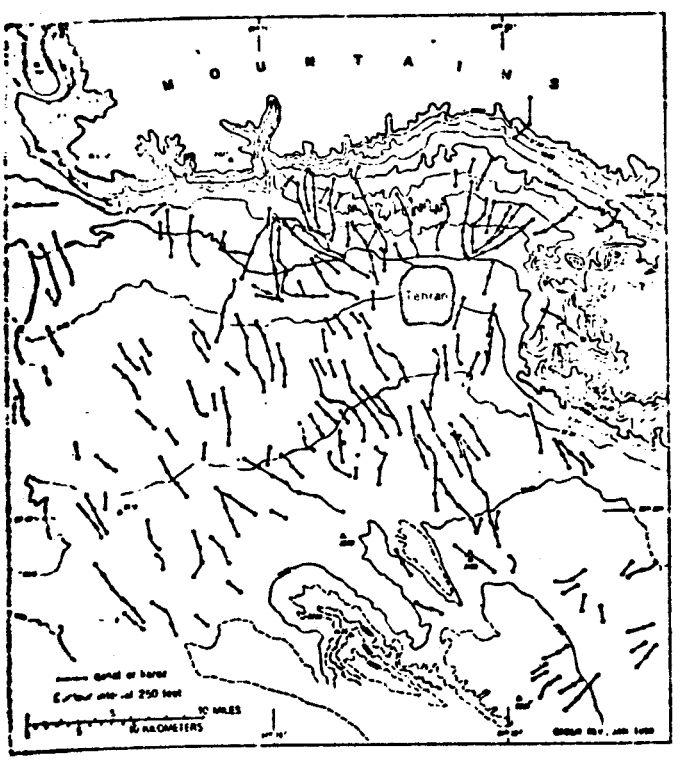
امروزه در بیشتر نقاط ایران و بویژه در فلات مرکزی مثلا "در دامنه ی جنوبی سلسله جبال البرزقناتهای بیشماری را می‌توان یافت . در دشت ورامین حدود ۲۰۰ رشته قنـات وجود دارد که بده پرآب ترین آنها از ۵۰۰ لیتر بر ثانیـه تجاوز می‌نموده است (۲۱) ویا یزد ۴۰۰ رشته قنات دارد . شهر تهران به تنهایی دارای ۳۶ رشته قنات بوده است کـه سن برخی از آنها از ۲۵۰ سال تجاوز می‌کند (۹،۱۰) . این قناتها تا سال ۱۳۲۴ که شبکه آبرسانی تهران گشایش یافت بیشتر نیازهای آبرسانی شهری و آبیاری باغات و مزارع حومه تهران را تامین می‌نموده اند (۲۱) . برای آنکه از وسعت کار قنات سازی تصوری به دست آید کافی است به این مطلب توجه شود که هر کیلومتر قنات به طور متوسط به حدود ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر مکعب خاک کنی و خاکبرداری نیاز دارد . در خاندوآب ازقناتی به درازای۳ کیلومتر نام‌برده شده که تنها برای آبیاری ۸/۷ هکتاراستفاده می‌شده است ، حجـــــم خاکبرداری این قنات بالغ بر ۸۵ هزار متر مکعب تخمین زده شده است (۲و۴) .ارزش قنات ۳۵ کیلومتری قریه ی‌احمدآباد در سال ۱۳۱۴ (۱۹۳۵میلادی) که آب این قریه ی ۷۰۰۰ نفری راتامین می‌نموده است نزدیک‌به ۵۵۰۰۰ تومان‌تخمین زده شده است .این‌ارزش بیش از دوبرابر ارزش تمام منازل ، مغازه ها ،مسجد و دارایی اهالی قریه ازجمله ۸۰ قالی آنها بوده است (۱۳) .

در افغانستان نیز که دارای مناطق کویری اســت هزارها قنات وجود دارد .طبق گزارش وزیر معادن آن‌کشور ، هر قنات به طورمتوسط دارای ۴۵ تا ۶۰ میله چاه بوده و حدود ۶۰ هکتار را آبیاری می‌نموده است (۱۱) . در عراق کنونی نیز قناتهای زیادی در شهرهای‌کرکوک ، اربیـــل ، سلیمانیه و . . . .وجود دارد .شهر اربیل که یکی ازبزرگترین مراکزشهرنشینی و جمعیت دنیای قدیم بوده تنها به‌دلیل سیستم خوب قناتهای آب ، آبادانی یافته است .جلگه ی اطراف این شهرحدود ۳۶۰ قنات دارد که نزدیک به ۶۰ رشته از آنها هریک با بده بین ۲۰ تا ۳۰ لیتر در ثانیه در سال ۱۹۵۵ دایر بوده اند . شهر سلیمانیه نیز تا همین‌سال تمام آب مصرفی خودراازقنات تامین می‌نموده است (۱۱) . حتی در شیلی هم بیش از۱۵ گالری درنزدیکی شهر پیکـا وجود دارد که هریک از آنها بین ۳۰۰ تا ۷۵۰۰ متر درازا داشته و بر رویهم بالغ بر ۳۰ کیلومتر اند .

پخش قناتها در روی کره ی زمین در شکل ـ ۴ نشان‌داده شده است .چنانکه این شکل‌نشان می‌دهد قناتها در سرزمینهای ایران باستان و شمال‌آفریقا (یعنی در واقع در مناطق خشک و کویری که بدون آب قنات زیست در آنها ممکن نبوده) تمرکز دارند .



شکل ـ ۲. نقشه بارش در ایران



شکل ـ ۳. نقشه قنات های اطراف تهران

۳ـ مقایسه ی قناتها و چاه هـــا

در گذشته که سوخت مایع شناخته نشده بود قنـات یگانه راه عملی و اقتصادی دست یابی به آبهای زیر زمینی را تشکیل می‌داد . در دو دهه ی اخیر با حفر چاههای عمیق و برداشت آب از آنها بسیاری از قناتها رو به خشکی‌گرایید .

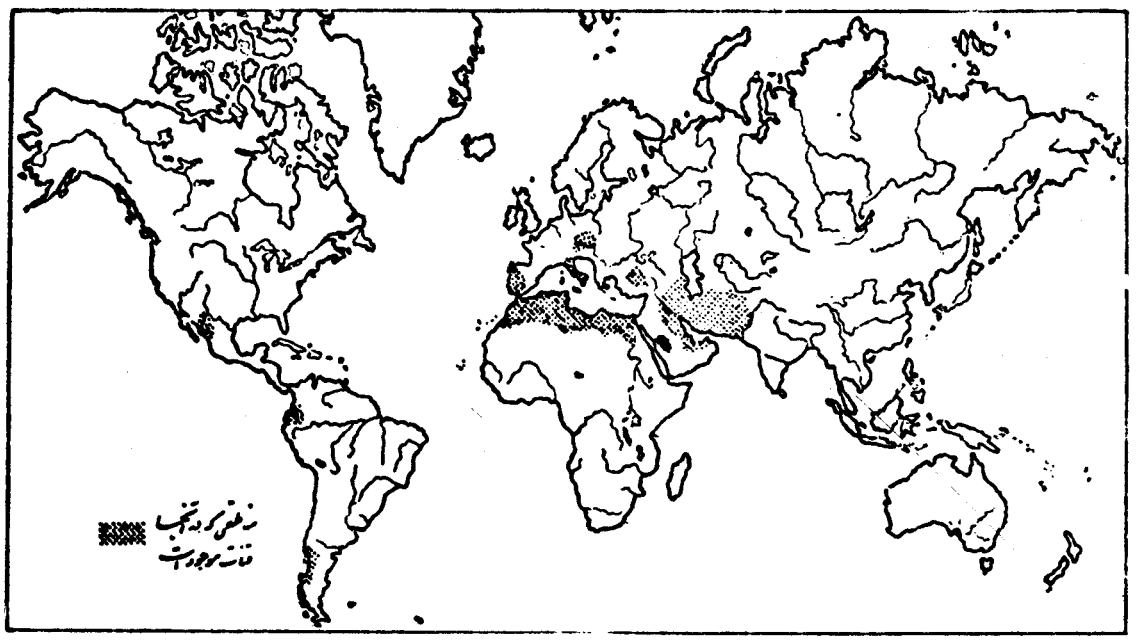
مجموع قناتهای دایر ایران در حال حاضر ۲۸۰۰۰ رشته و جمع‌آبدهی آنها نزدیک به ۹ میلیون متر مکعب در سال تخمین زده می‌شود (۵) . در بسیاری از دشتها ، بویژه دشت یزد، کرمان ومشهد سطح آب زیر زمینی در سالهـــای اخیر به سرعت پائین می‌رود . این افت ، در یزد بطورمتوسط حدود ۰/۸۵ متر در سال است[۱].اگر وضع بهمین صورت ادامه یابد ، دیری نخواهد پایید که بسیاری از ساکنان این شهرها و برخی از شهرهای دیگرحاشیه کویری چون کرمان ، در اثـر آسیب وارده بر آب زیر زمینی (که تنهامنبع آب مصرفی در این شهرها است) ، مجبور به ترک دیار خود خواهند شد و سالها بعد جز مخروبه ای از این شهرها باقی نخواهد ماند و جز درتاریخ اثری از تمدن کاریزی آنها بچشم‌نخواهد خورد ، مگر آنکه برنامه ی صحیحی‌برای برداشت آب زیر زمینی‌ازاین دشتها و تغذیه ی مصنوعی آنها تنظیم و پیاده گردد . اما از نظر اقتصاد منابع آب ، حتی براساس قیمت های امروزی نیز قناتهای دایر موجود وحتی در برخی‌موارد قناتهای جدیـد غالبا " از چاههای آب اقتصادی ترند . بدیهی است کـــه مخارج کندن یک رشته قنات از مخارج حفر چاه های عمیق و کارگذاری موتور های دیزلی و تلمبه آن ،بازاء آبدهی یکسان ، به‌مراتب بیشتر است (درسال ۱۹۵۴ میلادی، در برنامه ی عمرانی کشورمیانگین مخارج حفر قناتی به درازای ۴ کیلومتر که ۲کیلومتر ازآن نیاز به پوشش داشته باشد ۱۰ هزار تومان و هزینه ی نگهداری سالانه ی آن ۲۶۰۰ تومان تخمین زده شده بود . میانگین بده این قنات ۳۰ لیتر در ثانیه فرض‌شده بود . در مقایسه ، چاه ۶ اینچی با موتور پمپ آن ۵۰هزار تومان هزینه برمی‌داشته است‌ولی نگهداری آن سالانه ۸۲۰۰ تومان تخمین زده‌شده بود) . در حال حاضر مخارج کندن‌یک رشته‌قنات ۱۰کیلومتری به طورمتوسط ۱۵ میلیون تومان‌هزینه برمی‌دارد که معادل با مخارج حفر ، لوله‌گذاری چاه‌وتلمبـه و موتور دیزلی ۱۰تا ۲۰ چاه عمیق ۵۰ تا ۱۰۰ متری است . اما وقتی قنات ساخته شود ، شب و روز بدون‌نیاز به مراقبت کار می‌کند و تنها خرج آن هزینه لایروبی گهگاه است که به طورمتوسط در حدود ۰/۵ درصد خرج اولیه ی قنات برآورد شده است (۶، ۱۱و۲۲) . البته برخی از قناتهانیز از جمله قنات فیروز آباد بی نیاز از مرمت بوده اند (۱۵)و یکی از قناتهای‌گنادباد (نزدیک مرز افغانستان) بیش از یکصـد سال بدون لایروبی جریان داشته است (۶) . بنابرایـــن هزینه ی سالانه حفر و نگهداری یک حلقه چاه عمیـــق‌و تاسیسات آن ، برای لایروبی حدود ۱۰ رشته قنات در یـک سال (ویا یک رشته قنات به مدت ۱۰ سال پیاپی)کفایـت می‌نماید .هزینه ی‌تمام شده‌ی هر متر مکعب آب قناتهـــای دایر موجود به طورمتوسط ۰/۵ ریال تخمین‌شده است[۲](۱) .

چاههای عمیق برخلاف قناتها به هزینه ی دایـم انرژی و تاسیسات تولید آن ، نگهداری دایمی‌و تعمیر مرتب و دوره ای نیاز دارند . استخراج ۷۵۰ مترمکعب آب (بـده قنات ها در ۲۰ سال پیش) از عمق دینامیک ۴۰ متر بـــه تاسیسات ۵۰۰ مگاواتی تولیدانرژی الکتریکی (با بازده کل ۶۰%) احتیاج داشته و سالانه ۳/۳ میلیارد کیلووات ساعت انرژی مصرف می‌کند و یک میلیارد تومان هزینه برمی‌دارد . این ارقام براساس هر کیلووات ساعت ۳ ریال و ۲۷۵ روزکار (تلمبه کردن آب) محاسبه شده اند . با استفاده‌ازموتورهای دیزلی با بازده ۳۰% و با در نظر گرفتن ۱/۵ میلیون کیلو کالری انرژی هر بشکه نفت (ویا در نظر گرفتن مصرف ۱/۷ سانتیمتر مکعب گازوئیل برای هر ۱ متربالا آوردن‌هر متـــر مکعب آن (۸))دیده می‌شود که سالانه به ۷/۵ میلیون بشکه نفت احتیاج است (۱) . براساس قیمت های امروزی نفـــت (بشکه ای ۳۶دلار)هزینه ی سوخت سالانه بالغ بر ۲میلیارد تومان می‌شود . البته با نگهداری قناتهای‌موجود و بهره ـ برداری از آنها ،صرفه جویی در هزینه ی انرژی حدود نیمی از ارقام بالاست . بهرحال با افزودن هزینه ی نگهداری و تعمیر تلمبه ها بر هزینه ی انرژی ، قیمت هر مترمکعب آب چاه بین ۱ تا ۱/۵ ریال تمام می‌شود.پس با میانگین ۱/۲

۱ـ سطح آب زیر زمینی در یزد در عرض ۲۵ سال گذشته حدود ۲۰ متر پایین افتاده و از ۴۰متر به ۶۰متری زیرزمین‌رسیده‌است .

۲ـ درسالهای اخیر تامین‌هریک لیتر در ثانیه در منطقه ی مشهد سالانه ۱۲۵۰ تومان توسط قناتها هزینه برداشته است ، یعنـی هرمتر مکعب آب قنات حدود ۰/۴ ریال تمام شده است .

ریال هر متر مکعب قیمت تمام شده ی آب چاه دو برابر بهای آب قنات است .



شکل ـ ۴ . پخش قنات در جهان

براین برتری اقتصاد قناتها ، می‌باید منافع نهفته درازمدت آنها را نیز درمقایسه باچاه های عمیق‌افزود .چون آبدهی قناتها توسط عوامل طبیعی میزان می‌گردد . اثرات ناخواسته به سفره ی آبدار به ندرت اتفاق می‌افتد ولی چون شدت آبکشی از چاه ها ، با تلمبه ،تاحدودی بدلخواه انسان صورت می‌گیردبه کیفیت و کمیت سفره ی آبدار غالبا "لطمه وارد می‌گردد . برتری دیگر ومهم قناتها بی نیازی به انرژی الکتریکی و یا مواد نفتی و نیز تلمبه و سایروسایل مکانیکی یا الکتریکی است که در نقاط دور افتاده ی‌ایران تعمیر آنها در حال حاضر با اشکالات فراوان روبرو است . با بالا رفتن بیشتر بهای انرژی این برتری قناتها در آینده (چنانکه در مرجع (۱) نیز پیش‌بینی شده بود) آشکارتر خواهد شد . ایرادی که بسیاری بر قناتها می‌گیرند آنست که آب سفره زیر زمینی را در فصولی بویژه درسالهای پرآب به مقداری بیش از مصرف تخلیه می‌نماید . اما این‌ایراد چندان وارد نبوده ونارواست چه آب در درون‌زمین ساکن‌نیست وبنابراین اگر با قنات به سطح زمین نرسد در سفره دامنه کوه نیز انبار نمی‌گردد ، بلکه در اثر نیروی وزن خود در امتداد شیب سطح سفره حرکت نموده و به پائین دست می‌رود تا به مرکز کویربرسد .بعلاوه راههایی برای انباشت‌آب قنات درماههای کم مصرف وجود دارند که در زیر خلاصه شده اند .

۱ـ پرکردن آب انبارها از آب قنات

۲ـ بررسی‌امکانات ساختن تالابها (برکه ها) و پر کردن آنها در فصل زمستان .

۳ـ ساختن یخچالها و یخ زدن قسمتی ازآب‌قنات

۴ـ ایجاد یخ آب روی مزارع ، که علاوه برذخیره کردن آب روی زمین هم به کشتن انگلهای خاک کمک کرده‌و هم ازسبز شدن‌و شکوفه زدن زودرس درختان جلوگیری می‌نماید .

اما در مقابل این مزایا ، قناتها دارای مشکلات جدی نیز می‌باشند .یکی از مهم ترین مشکلات ، مسئله مالکیت قنات در سیستم خرده مالکی است . مشکل دیگرکند بودن تکنولوژی سنتی حفر قنات است . حفر یک رشته قنات نو گاهی سالها وقت می‌گیرد . لایروبی و مرمت حتی برخی ازقناتهای دایر نیز بس طاقت فرسا بوده و به نیروی‌انسانی عظیمی نیاز دارد . کمبود مقنی های حرفه ای نیز بر این مشکل می‌افزاید . در دهه های و به ویژه دو دهه اخیر ، با افزایش جمعیت و رشد مصرف آب در کشاورزی (که‌بیشتر به علت تغییر کشت و جایگزینی کشت صیفی جات و میوه بجای غلات ودر اثر بهبود وضع اقتصادی شهرنشینان روی

داد)آب قناتها در بسیاری از مناطق ایران چون یزد وکرمان تکافوی احتیاجات را ننمود . حفرقناتهای جدید نیز به علت کندی پیشرفت کار نتوانست بارشد نیازها همگام باشد .به‌این دلایل ودیگر دلایل اشاره شده درمرجع (۱)بود که‌روستاییان از حفر قناتها دلسرد شده و به حفر چاهها پرداختند . حـل مشکل قناتها نیاز به بررسی مشکلات مالکیت و صنعتی نمودن دست کم قسمتی‌از کار حفر که هنوز هم کم و بیش با روش سنتی صورت می‌گیرد داشته و دراین مقاله نمی‌گنجد . ولـی تذکر این‌نکته در اینجا ضروری بنظر می‌رسدکه بدون رفع این دو مشکل اساسی موجبات احیاء قنوات و روآوردن روستاییان به آنها فراهم نخواهد آمد .

۴ـ خلاصه و نتیجـــه گیـــری

نیاز شدیدبه آب در حاشیه کویرها که آبهای سطحی ناچیز بارندگی کم و آبهای زیر زمینی معمولا" در عمـــق زیادتر قرار داشته اند سبب آن شد که انسان فن قنات سازی را ابداع نماید . باکندن قنات ها آبهای‌شیرین زیر زمینـــی دامنه ی ارتفاعات در اثر نیروی وزن خود و بدون مصـــرف هیچگونه انرژی روز و شب به حاشیه کویرها رسانده شد .

در دو دهه ی اخیر به عللی که در اینجا به اختصار اشاره شد قناتها رو به خشکی گرایید و بسیاری از آنها بایـر گردید .در حالی که با توجه به برتریهای قناتها ، به‌نگهداری و مرمت قناتهای موجود و حتی ساختن قناتهای جدیـــد می‌بایدتوجه می‌شد .مرمت واحیاءقناتها موجب رونق‌وآبادانی روستاها شده و از هجوم روستاییان به شهرها می‌کاهـــد . مشکلات مالکیت قناتها و کند بودن کار حفر و حتی مرمـت برخی از قناتها از مهم ترین عوامل بازدارنده در احیـــاء قنوات می‌باشند .

البته علاوه بر تامین‌آب بیشتر توسط قناتها باید به مسئله ی کنترل آبهایی که در حال حاضر هرز می‌روند ،بهره‌برداری بهتر از سدهای موجود برای آبیاری و صرفه جوئـی آب درمصارف آبیاری نیز توجه نمود . سالانه دهها میلیارد متر مکعب آب‌رودخانه های ایران به خلیج فارس، دریـای مازندران و دریای عمان سرازیرشده و از دسترس خـــارج می‌گردد . شبکه ی آبیاری تقریبا" تمامی سدهای بـزرگ ، سالها پس از خاتمه ساختمان هنوز بطور کامل آماده بهره ـ برداری نشده اند . وبالاخره تلف آب در مزارع آبیاری‌شده ازسدها بسیار زیاد است . بطورمثال ، در مزارع زیر دست سد سفیدرود سالانه از هر یک میلیارد متر مکعب آب مصرفی بیش از ۳۰۰ میلیون متر مکعب آن به صورت زه آب ناشی از آبیاری زاید هدر می‌رود . با کاهش مصرف نیز می‌توان آب بیشتری را برای آبادانی روستاها ایجاد نمود .

---

* رعایت حریم قناتها و جلوگیری از حفر چاههای عمیق در این حریم (که معمولا" به چند هزار متر بالغ است) از مهم تریـن عواملی است که به نگهداری قناتهای دایر کمک کرده و مانع از بایر شدن آنها خواهد شد . مسئله ی حفر بی حساب چاه های عمیق و برداشت آب بیش از ظرفیت سفره‌ی آبدار مسئله ی مهم دیگری می‌باشد . اگر حفر چاههای عمیق و برداشت آب از آنها به همین رویه ادامه یابد دیری نخواهدپاییدکه خشک شدن قناتها ویرانی و متروک شدن بسیاری از آبادی ها را به دنبال‌خواهد کشید . بدیهی است که استفاده از چاههای عمیق نیز بجای خود نیکوست و جای آن دارد که برنامه ی صحیحی برای بهـــره برداری آب زیر زمینی به توسط مجموعه ی قناتها و چاهها به توسط مسئولان امور آب کشور ارائه گردد .

مراجع

۱ـ پازوش ، هرمز "نگاهی به برنامه بهره برداری از منابع آب ایران در گذشته" نشریه دانشکده فنی شماره ۴۱ ، مهرماه ۱۳۵۹.

۲ـ رضا ، عنایت اله ، غلامرضا کورس، محمد علی امام شوشتری ،علی اکبر انتظامی ، آب و فن آبیاری در ایران باستان ، انتشارات وزارت آب و برق ، ۱۳۵۰.

۳ـ کرجی ، محمد ، استخراج آبهای پنهانی ، ترجمه بفارسی از حسین خدیوجم ، بنیاد فرهنگ ایران تهران ۱۳۴۵.

۴ـ کشاورز ، کریم (مترجم) ، کشاورزی و مناسبات ارضی ایران درعهد مغول ،تالیف ایلیاپاولویچ پتروشوفسکی) ، انتشارات موسسه مطالعات و تحقیقات اجتماعی ، جلد اول ۱۳۴۴ ، ص۲۱۰ به بعد .

۵ ـ شناخت قنات ،امور آب وزارت نیرو ، عرضه‌شده در سمینار بازسازی و احیاء قنوات ، مشهد ، ۱۱ـ۶ تیره ۱۳۶۰.

6- Beckett, P., "Qanats Around Kirman", Jo. of Royal Central Assian Society, Vol.40, 1953,pp.47-58.

7- Biswas,A.,History of Hydrology, North Holand Publication Co., 1970, pp. 26-32.

8- Bouwer, H. Groundwater Hydrology, McGraw-Hill, 1978,pp.186-188.

9- Butler, M.A., "Irrigation in Persia by Kanats", Civil Engineering, ASCE: Vol.3, Feb.1933,pp.69-73.

10-Clapp,F.G.,"Tehran and the Elburz", Geographical Review, Vol. 20, No.1, 1930;pp.69-85.

11-Cressey G.B.,"Qanats, Karez and Foggaras", Geographical Review,Vol. 48, No. 1, 1958, pp. 27-44.

12-Fitt, R.L., "Irrigation Development in Central Persia", Jo. of Royal Central Assian Society,Vol.40,1953, pp.124-133.

13- Merritt-Hawkes, O.A., Persia, Romance and Reality,London, 1935,pp. 161-168.

14- Nadji, M. and R. Voigt,"Exploration for Hidden Water, by Mchammad Karaji, The Oldest Textbook on Hydrology?" Groundwater,Vol. 10, No.5, 1972, pp. 43-46.

15- Noel, E., Colonel, "Qanats,"Jo.of Royal Central Assian Society,Vol. 30, 1944, pp. 191-202.

16-Pazwash, H. and G. Mavrigian,"A Historical Jewelpiece-Discovery of the Millennium Hydrological Works of Karaji", Water Resources Bulletin, Vol. 16, No. 6, Dec. 1980, pp. 1094-1096.

17-Pazwash, H. and G. Mavrigian,"Millennial Celebration of Karaji's Hydrology," Jo.of the Hyd.Div.,ASCE,Vol. 107, March, 1981, pp. 303-309.

18-Singer, C., E.J.Holmyard and A.R. Hall(Editors),A History of Technology, Vol. 1, Oxford Univ. Press, 1954, pp. 532-534.

19-Singer,C., E.J. Holmyard,A.R. Hall and T.I. Williams,(Editors),A History of Technology, Vol.II, Oxford Univ. Press, 1956,pp.666-667.

20-Tolman, C.F., Groundwater, McGraw-Hill Book Company, 1st Ed., 1937, pp.12-14.

21-Wilber, D.N., Iran,Past and Present, Princeton University Press,3rd Ed., 1955, pp. 158-159.

22-Wulff,H.E.,"Qanats of Iran",Scientific American,Vol.218,No.4,1968,pp. 94-108.

23-Wulff,H.E.,The Traditional Crafts of Persia, The M.I.T. Press,1966. pp. 249-254.