فصلنامه علمی- پژوهشی پژوهشنامه تاریخ
سال یازدهم، بهار ۱۳۹۵- شماره ۴۲
صفحات ۹۴ - ۶۹

پیدایش و گسترش قنات در دنیای قدیم

پاول وارد انگلیش[۱]
ترجمه: صالح پرگاری[۲]
حسین حاتمی نژاد[۳]
شهرام اردشیریان[۴]

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۸/۱۰
تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۱۵

این مقاله ترجمه ای است از The origin and spread of qanats in the old world

چکیده

چاه کانال‌های زیر زمینی (قنات) اهمیت فراوانی در تاریخ آبیاری و سکونت بشر در زمین‌های حاصل خیز در دنیای قدیم دارند.[۱] به نظر می‌رسد که چاه تونل‌های رایج در دوران پیش از هخامنشیان، در دوران شاهان این سلسله از ایران به مصر، مشرق و ناحیه ی عرب نشین گسترش یافتند (۵۳۰-۵۳۱ قبل از میلاد). اعراب قنات را تا آفریقای شمالی، اسپانیا و قبرس گسترش دادند. نمونه‌های قنات، هم چنین در آسیای مرکزی، غرب چین، و در مقیاس کمتری در نواحی خشک آمریکای لاتین یافت می‌شود. در دوران مدرن بیش از بیست واژه برای شناسایی این چاه‌های افقی استفاده می‌گردد. در ایران واژه عربی قنات به معنی باریکه و یا مجرای آب مورد استفاده قرار می‌گرفت، و در افغانستان واژه کاریز استعمال می‌گردید. در حالی که در سوریه، فلسطین و آمریکای شمالی فوقرا رایج تر می‌باشد. در تمامی این نواحی چاه تونل‌ها هنوز به شکل سنتی احداث می‌گردند، و سکونت گاه‌های بشری بسیاری برای آب مصرفی و کشاورزی به آنها وابسته می‌باشند. هر جا که قنات مورد استفاده بود، ساختار و الگوی مالکیت و زمین داری را در روستا به شدت تحت تاثیر قرار داده است.

[۱] دانشیار موسسه ی خاورمیانه دانشگاه تگزاس Paul ward English
[۲] دانشیار گروه تاریخ دانشگاه خوارزمی تهران pargari@khu.ac.ir
[۳] دانشیار گروه جغرافیا دانشگاه تهران
[۴] دانشجوی دوره دکترا تاریخ ایران بعد اسلام دانشگاه خوارزمی

ماهیت قنات

قنات کانالی با شیب ملایم است که تقریباً به طور افقی در طول حرکت یک پروانه آبی حفر می‌شود تا سفره زیر زمینی را بشکافد. با احداث قنات، آب زیر زمینی به داخل کانال نفوذ کرده و در راستای شیب ملایمش سرازیر شده و به صورت نهر در سطح زمین جاری می‌شود (شکل ۱).

حفاران بایستی در حفر این کانال‌ها به هوا دست رسی داشته و مواد (سنگ و خاک) ناشی از حفاری را به بیرون انتقال دهند به طوری که کانال‌های حفر شده توسط چندین میله که در هر ۵۰ تا ۱۵۰ متری مسیر قنات قرار داده شده اند به سطح زمین وصل شوند. انتهای این میله‌ها توسط توده ای از خاک حفاری شده دورچینی می‌شود تا حلقه چاه هایی را که ویژگی بارز چشم اندازهای حاصل خیزی که توسط قنات آبیاری می‌شوند را در سطح زمین ایجاد کنند (شکل ۲،۳). این شبکه تامین آب به طور گسترده ای در بیابان‌های دنیای قدیم به دلایل متنوعی مورد استفاده قرار می‌گرفت. اول این که، علیرغم سایر روش‌های آبیاری همانند *شادوف*(shādūf)، چرخ ایرانی (*دولاب*)، و *نوریا* (na'urah)، قنات به هیچ منبع نیرویی جز نیروی جاذبه برای تدوام جریان نیاز ندارد.[۲] دوم این که، آب می‌تواند مسافت‌های چشم گیری را در این کانال‌های زیرزمینی با کمترین میزان تبخیر و یا احتمال خطر آلودگی بپیماید. بالا خره اینکه جریان آب در قنات متناسب با آب موجود در سفره زیر زمینی بوده و در صورت نگه داری مناسب این کانال‌ها، تونل‌های نفوذ آب، منبع مطمئنی را برای تامین آب تا قرن‌ها فراهم می‌سازند.

اندازه‌های قنات متفاوت است. قنات‌های مناطق کوهستانی معمولاً کانال‌های کوتاه و کم عمق فقط با چند متر عمق ودر پاره ای از موارد عمیق و طولانی هستند، که آب سطحی را از تکه آبرفت‌ها جذب می‌کنند. سایر قنات‌ها شاه کارهای مهندسی هستند که آب شهرهایی مانند کرمان، یزد و بیرجند را در ایران تامین می‌کنند. در کرمان قنات‌ها تا بیش از ۵۰ کیلومتر به طرف جنوب امتداد یافته تا به سفره زیر زمینی در کف *کوه جوپار*نفوذ کنند (شکل ۴).[۳] در واقع دشت کرمان مملو از هزاران میله عمودی است که عمیق ترین آنها بین ۱۰۰ تا ۱۲۵ متر عمق دارد و مسیر تعداد نامعلومی از مجموعه قنات هایی را که آب را به شهر می‌رسانند، مشخص می‌کنند. آب یزد تقریباً توسط ۷۰ قنات ۳۰ تا ۴۵ کیلومتری با مادر چاه هایی(که در مناطقی دورتر از نقطه ای که آب در آنجا به سطح زمین می‌رسد حفر شده‌اند) با عمق ۵۰ تا ۱۲۵ متر تامین می‌شود.[۴] عمیق ترین قنات ثبت شده در

روستای گناباد نزدیک بیرجند قرار دارد،[۵] در حالی که این قنات تنها ۲۷ کیلومتر طول دارد و مادر چاه‌های آن در عمق بیش از ۳۰۰ متری قرار دارند.

ساخت قنات

اکثر قنات‌ها در ایران توسط گروهی از حفارهای حرفه ای (مقنی) که شغل خود را از بردگان و اسیران شاهان دوره هخامنشی و ساسانی به ارث برده اند احداث می‌شوند، این افراد گروهی از صنعت گران دوره گرد را تشکیل می‌دهند. مقنی ها، وقتی که سیل قنات‌ها را در یک منطقه از بین برده یا در منطقه دیگری، سطح سفره زیر زمینی پایین تر می‌رفت و آن مستلزم افزایش طول کانال قنات بود از مکانی به مکان دیگر برای احداث قنات می‌رفتند. ابزار این مقنی‌ها بسیار ابتدایی بوده و شامل یک کلنگ تیغه پهن، بیل، و چراغ نفتی کوچکی بود. شغل این افراد درآمد خوبی داشت، ولی بسیار مخاطره آمیز بود. مقنی مجبور بود در شرایط سختی کار کند، به صورتی که آب در اطرافش جاری بود و ورود وخروج هوا ضعیف و به کندی صورت می‌گرفت و احتمال خطر ریزش آوار زیاد بود. امروزه نیز، هنوز قنات توسط این افراد احداث می‌شود و تکنیک‌های ساخت آن نیز تغییر چندانی نداشته است.

اولین گام در احداث قنات، انتخاب محل حفر آن می‌باشد. عواملی از قبیل وضعیت شیب محل، ذخایر آب زیر زمینی، و محل احتمالی سکونت گاه در این مساله تاثیر گذار می‌باشند. این عوامل توسط یک متخصص، که معمولاً یک مقنی کهن سال و مشهورتر است- تصمیم می‌گیرد کجا یک چاه آزمایشی حفر شود- ارزیابی می‌شوند. محل‌های مطلوب برای حفر قنات، معمولاً نزدیک دهانه ی دره است. اما جایی که سفره زیر زمینی عمیق تر است و قنات طول بیشتری دارد ، وضعیت مکانی یابی و تنوع گیاهی به عنوان نشانه‌های وجود ذخایر آب زیرزمینی مورد توجه قرار می‌گرفته است.

بعد از اینکه مقنی ماهر محل مورد نظر را انتخاب می‌کرد، یک میله عمودی که دارای عمق کافی برای شکافتن سفره زیر زمینی دائم است حفر می‌کنند. مقنی بایستی اطمینان حاصل کند که این چاه سفره زیر زمینی دائم را شکافته است یا به جریان دائمی آبی که در لایه غیر قابل نفوذ قرار دارد رسیده است. در صورت تردید در رابطه با دائمی بودن ذخیره آب، گودال‌های آزمایشی بیشتری برای تعیین اندازه و عمق سفره زیر زمینی حفر می‌شوند. وقتی یک چاه آزمایشی دارای آب کافیست

به عنوان نقطه شروع ساخت قنات تلقی می‌شود. این میله، مادر چاه (مادری چاه) قنات نامیده می‌شود (هرچند این واژه گمراه کننده است زیرا که آب در این نقطه از زمین بهره برداری نمی شود.) و عمق مادرچاه بین ده تا صد متر متغیر است.

مقنی سپس تراز سطح و شیب قنات را تنظیم می‌کند که این کار سخت ترین کار مهندسی طی کل عملیات احداث قنات می‌باشد.[۶] قنات به گونه ای تراز می‌شود که کانال با شیب ملایم از بستر پر آب مادر چاه، به سطحی بالاتر از زمین‌های اطراف برسد. اگر ارتفاع این کانال بیش از زمین‌های محل سکونت باشد، در این صورت آب در سطح باز به سمت خانه‌ها و زمین‌ها جریان می‌یابد. در چنین مواقعی، تبخیر و نشت آب مشکلات عدیده ای ایجاد می‌کند. به طور مثال در تربت حیدریه تنها یک چهارم آب قنات به زمین‌ها می‌رسد.[۷] اگر شیب کانال بسیار تند باشد، در این صورت آبی که با سرعت در آن سرازیر می‌شود به تدریج دیواره‌های کانال را ساییده و آن را از بین خواهد برد. شیب بیش از حد در یک قنات تقریباً در حدود ۱:۱۰۰۰یا ۱:۱۵۰۰ می‌باشد. در یک قنات طویل، کانال آب تقریباً افقی است. یک مقنی ماهر با استفاده از ریسمان به عنوان تراز حتی زمانی که کانال از زیر چندین کیلومتر زمین ناهموار عبور می‌کند می‌تواند این شیب را به دست آورد و تشخیص دهد.

احداث کانال بعد از تعیین تراز و شیب قنات انجام می‌شود. عملیات ساخت از بخش خشک انتهایی قنات آغاز می‌گردد. کانال به سمت پایین به طرف مادر چاه با میله‌های عمودی که آن را از هر ۵۰ تا ۱۰۰ متر به سطح زمین وصل می‌کند حفر می‌شود. در برخی موارد، ابتدا میله‌های عمودی حفر شده وسپس کانال احداث شده تا انتهای میله‌ها را به هم وصل کند.

گروهی از حفاران به سرپرستی یک مقنی ماهر قنات را احداث می‌کنند. مقنی با یک بیل و کلنگی کوچک، تقریباً به عرض یک متر و یک و نیم متر ارتفاع کانالی حفر می‌کند. یک شاگرد خاک را به درون سطل پلاستیکی می‌ریزد و دو کارگر با چرخ چاه، خاک را در طول میله بالا می‌کشند. اگر کانال قنات در عمق بیش از ۱۰۰ متر باشد، چرخ دیگری در جای مناسبی در وسط میله عمودی قرار می‌دهند و خاک از سطلی به سطل دیگری در این نقطه انتقال داده می‌شود.

مشکل اصلی در احداث قنات زمانی روی می‌دهد که کانال وارد ناحیه آبی شود، که در آنجا اکثر مقنی‌ها هر سال غرق یا خفه می‌شوند. در برخی موارد میله‌ها قبل از رسیدن به یک عمق مناسب پر از آب شده، به طوری که مقنی بایستی درنقطه ای بالاتر از استخر آب ایجاد شده به حفاری

مشغول شود تا از فوران آب زمانی که شکاف ایجاد می‌شود دوری کند. اگر کانال از بین ناحیه ای که شن نرم است عبور کند حلقه‌های خاک رس در کانال رسوب کرده و جلوی ریزش را می‌گیرد (شکل یک). جایی که ورود و خروج هوا مناسب نیست میله‌های عمودی بیشتری حفر شده تا مشکل خفه شدن در اثر کمبود هوا را رفع کند. هر مقنی یک چراغ نفتی با خود دارد و وقتی که هوای داخل تونل دیگر نمی تواند شعله را روشن نگه دارد، در این صورت مقنی کانال را ترک کرده و میله دیگری می‌سازد. در یزد که قنات‌ها خیلی عمیق هستند، میله‌های عمودی در هر دو طرف کانال ساخته می‌شود. چراغی در انتهای هر میله قرار داده شده تا جریان هوا را به پایین میله کشیده و ورود و خروج هوا را بهبود بخشد.[۸] در برخی موارد قنات‌های دوقلو در کنار هم ساخته می‌شوند تا مقنی بتواند از یک میله به میله ای دیگر حرکت کند.

زمان لازم برای ساخت یک قنات با توجه به سرمایه مالک آن، شرایط خاک، آب زیر زمینی، مقدار آب مورد نیاز و مهارت مقنی متغییر است. دو قنات جدیدی که اخیرا در روستاهای جوادیه و حجت آباد در جنوب کرمان ساخته شده اند را می‌توان به عنوان مثال ذکر کرد. قنات حجت آباد فقط یک کیلومتر عمق دارد و مادر چاه آن دارای عمق ۴۵ متری است با این حال این قنات به دلیل اینکه مالکیت آن سه بار تغییر یافت احداث آن ۲۷ سال طول کشیده بود. احداث قنات جوادیه در سال ۱۹۴۱.م برابر با سال ۱۳۲۰ هجری شمسی شروع شد و یک گروه از حفاران قنات به طور روزانه برای رساندن آب به سطح زمین به مدت ۱۷ سال در آن جا کار کردند. در سال ۱۹۵۸.م برابر با سال ۱۳۳۷ هجری شمسی وقتی که مقدار کمی آب در سطح زمین جریان یافت مالک قنات، گروه دیگری از حفاران را برای کار شبانه استخدام کرد. در حال حاضر قنات جوادیه سه کیلومتر طول دارد و کانال آن دو شعبه بوده و دارای دو مادر چاه به ترتیب در فاصله ۵۰ و ۵۵ متری می‌باشد. دیواره اکثر قسمت‌های کانال بایستی با حلقه‌های خاک رس به دلیل وجود شن روان پوشانده شود. برای ساخت این قنات ۳۳ هزار دلار صرف شد و این قنات اکنون هر ۲۴ ساعت، نیم جریب زمین را آبیاری می‌کند.

بر این اساس می‌توان گفت که هزینه ساخت قنات در هر کیلومتر ۱۰ هزار دلار می‌باشد. قنات جوادیه به دلیل این که دیواره کانال با خاک رس اندود شد هزینه بیشتری دربرداشت، یعنی در حدود ۱۱ هزار دلار برای هر کیلومتر هزینه برده است. هزینه ساخت این قنات نسبتاً کوتاه قابل قیاس

با هزینه‌های کلان ساخت یک قنات طولانی جدید می‌باشد. یک چنین قناتی در کرمان با طولی بالغ بر ۴۰ کیلومتر و مادر چاهی به عمق ۹۰ متر زمانی که در سال ۱۹۵۰.م برابر با سال ۱۳۲۹ هجری شمسی تکمیل شد تقریبا ۲۱۳ هزار دلار هزینه دربرداشت. با احتساب تورم و دست مزدهای بالا هزینه‌های نقدی ساخت این قنات امروزه در حدود ۳۸۷ هزار دلار می‌باشد.

توزیع وگسترش قنات‌ها

ظاهراً محتمل است که صنعت ساخت قنات در زمین‌های مرتفع غرب ایران، شمال عراق و شرق ترکیه در حدود ۲۵۰۰ سال پیش در ارتباط با فعالیت‌های احداث نخستین معادن در منطقه به وجود آمده است.[۹] لائیسه بیان می‌کند که قنات ها، تمدن رو به رشدی در کنار دریاچه رضائیه (ارومیه) که توسط سارگون دوم در هشتمین جنگ در سال ۷۱۴ قبل از میلاد ویران شد را تقویت بخشید. اما متاسفانه اطلاعات فوق از روی یک کتیبه به دست آمده است که کاملاً آسیب دیده است.[۱۰] اما واضح است که شهرهای جدیدتر آشوری‌ها مخصوصا آن هایی که در کنار رودخانه دجله قرار داشتند برای آب شرب خود به قنات‌ها وابسته بودند. قناتی که در این دوران احداث شد دارای کتیبه منقوش به حکم جانشین سارگون، یعنی سناخریب (۶۸۱-۷۰۵ قبل از میلاد) می‌باشد. این قنات دارای ۲۰ کیلومتر طول بوده و میله هایی که در فاصله‌های ۴۵ متری قرار دارند، تا به امروز آب را به شهر اربیل[۱۱] منتقل می‌کند. شهر مرکزی ماد، اکپاتانا (همدان امروزی) نیز به وسیله چندین قنات در قرن هفتم قبل از میلاد[۱۲] آبیاری می‌شده و پایتخت حکومت داریوش در اصطخر نیز احتمالا از چنین منبع تامین آبی استفاده می‌کرده است.[۱۳]

هسته مرکزی قنات‌ها در منطقه ایران که زبان رایج در آن غنی از کلمات مرتبط با صنعت قنات است، در ایران قنات‌های بسیار قدیمی متعددی یافت می‌شود و صنعت ساخت قنات بسیار توسعه یافته است. صنعت احداث قنات به طور گسترده ای در دوره[۱۴] اشکانیان در فلات ایران، در دشت‌های آبرفتی کوهپایه ای رایج بوده است. در آنجا کانال هایی تقریباً به طور افقی سفره‌های آبی را که مکان مناسبی برای احداث قنات بود از هم می‌شکافتند. امروزه اکثر شهرهای بزرگ در ایران شامل تبریز، قزوین، ساوه، تهران، یزد، و کرمان برای آب شرب و کشاورزی به قنات‌ها وابسته اند، به طوری که در هریک از این شهرها آب از چاه‌ها به بیرون جاری است (شکل ۴). تخمین زده می‌شود که آب حدوداً ۱۵ میلیون جریب از زمین‌های کشاورزی، معادل یک سوم تا نصف مناطق آبیاری شده

ایران، تقریباً به وسیله ۳۷ هزار و۵۰۰ قنات تامین می‌شود که ۲۱ هزار عدد از آن‌ها کاملا فعال می‌باشند ولی ۱۶۵۰۰ عدد آن اگرچه مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما نیاز به تعمیر دارند.[۱۵] طول کل این قنات‌ها بیش از ۱۶۰ هزار کیلومتر برآورد می‌شود. حجم کل آب دهی آن‌ها در حدود ۲۰ هزار متر مکعب در ثانیه می‌باشد.[۱۶] تنها جلگه نیشابور نزدیک مشهد به داشتن "۱۲ هزار چشمه که توسط ۱۲ هزار قنات تغذیه می‌شوند" مشهور است.[۱۷] اگر چه این ارقام قابل اطمینان نیستند و توسط اطلاعات حاصل از مطالعات میدانی تایید نشده اند، تردیدی نیست که قنات‌ها منبع اصلی آب کشاورزی در ایران هستند.

اولین گسترش قنات به بیرون از ایران در زمانی اتفاق افتاد که هخامنشیان امپراتوری گسترده ای از سند تا نیل پایه گذاری و بنا نهاده بودند. در غرب، ایرانیان صنعت قنات را در سرتا سر هلال خصیب به نواحی ساحلی مدیترانه و در سمت جنوب تا مصر و عربستان انتقال دادند. در نواحی کوهپایه ای زاگرس در عراق آب شهرهای کرکوک و اربیل[۱۸] از طریق قنات تامین می‌گردید. در نواحی داخلی این کوهپایه‌ها به طور مثال شهر سلیمانیه کل آب خود را از طریق کانال چاه[۱۹] تامین می‌شد. در فلسطین و سوریه نمونه هایی از قنات را می‌توان در دره اردن، در منطقه قلمون در شرق سوریه، نزدیک پالمیرا، و شمال شرق حلب[۲۰] مشاهده کرد. اخیراً قنات‌های متعددی در منطقه وادی عربه در جنوب بحر المیت در واحه‌های عیندافیه، یتفاتا، و عین زوریب، کشف گردید. قنات‌های عیندافیه به مخازنی می‌ریزد که در زمان قوم پارت[۲۱] و رومی‌های متاخر مورد استفاده قرار می‌گرفت، می‌ریزد.

محاسبه تاریخ دقیق قنات در سوریه با توجه به این که برخی قنات‌های این منطقه کاملا باستانی هستند و برخی دیگر در دوره بیزانس احداث گردیدند، و نیز تعداد اندکی که در این سال‌های اخیرا ساخته شده اند مسئله سختی است. در روستای مشرف قتنا که ناحیه قلعه هیتی را در ۱۸ کیلومتری شهر حمص در بر می‌گیرد ظاهرا کانال قنات، مانند آب شهر را در قدیم تامین می‌کرده است.[۲۲] سیستم‌های پیش رفته تر قنات در دوره بیزانس در مناطق مفقر، امساردی و قدیم (آکادامای قدیم) سازه هایی هستند که به دست ایرانی‌ها یا رومیان مرمت گردیدند.[۲۳] ولی قنات‌های جلگه سلیمانیه به دست اسماعیلیان که در دهه ۱۸۷۰.م در این منطقه سکونت داشته اند احداث گردید.[۲۴]

در مصر قنات هایی را که در دوران تصرف ایرانیان (۳۳۲-۵۲۵ قبل از میلاد) ساخته شده اند، در واحه خرگاه و مطروح را می‌توان نام برد.[۲۵] بیدنل، یکی از این کانال چاه‌ها را که در منطقه

خرگاه در دل سنگ ریزه‌های نرم حفر شده بود ا اندازه گیری کرد و ۱۵۰ میله با طول ۳۲۰۰ متر را پیدا کرد. او تخمین زد که ۴۸۷۵ متر مکعب (حدودا ۱۱۰۰۰ تن) سنگ تنها از درون کانال و میله‌ها حفاری شده است.[۲۶] سکونت گاه‌های کشاورزی در اوایل دهه ۱۹۰۰.م، برخی از قنات‌های خرگاه را که با بقایایی باقی مانده از بیش از یک هزاره پر شده بود پاکسازی کردند و این قنات‌ها هنوز آب سطحی را در این مناطق تامین می‌کنند.[۲۷] در مطروح، قنات‌ها در زیر تپه هایی که بر روی توده‌های سنگ آهک قرار دارند حفاری گردید و با درپوشی سیمانی پوشانده شدند. احداث قنات در مناطق سنگی در مناطق دیگر دنیای قدیم بسیار نادر است.[۲۸]

ایرانیان هم چنین صنعت قنات را به نواحی عرب نشین در قرن ۵ ق.م انتقال دادند و این قنات‌ها هنوز در منطقه حجاز، در مناطق کوهستانی یمن، در حضرموت، در عمان، در واحه الخرج در جنوب شرقی ریاض و در واحه القطیف در شمال ظهران استفاده می‌شوند.[۲۹] کانال‌های زیر زمینی در وادی فاطیما در غرب مکه یافت می‌شوند و هم چنین کانال‌های مشابهی آب را به این شهر مقدس از عین زبیده به طرف جنوب شرق انتقال می‌دهند و هم چنین تعدادی قنات آب را در مدینه از چشمه عین ظرقه در جنوب شهر[۳۰] تامین می‌کنند. کوههای غرب صنعا قنات هایی مانند دیگر بخش‌های مرتفع نجد مرکزی دارند. در عمان تعداد قنات‌ها به مراتب بیشتر بوده است. در آنجا قنات به *افلج* معروف بود. در یمن و حضرموت قنات، *فلج* خوانده می‌شد. همان گونه که از اسم منطقه کوهستانی نزدیک آن یعنی فرزان بر می‌آید، خصوصا در الخرج نوع قنات‌های یافت شده به مهارت ایرانیان نسبت داده می‌شود.[۳۱]

از قنات در شرق ایران، در افغانستان، آسیای میانه، ترکستان چین (سین کیانگ) استفاده می‌شد. در این جا قنات واژه فارسی (کاریز) به جای واژه عربی قنات استفاده می‌شود. اما این که آیا این صنعت در دوره گسترش هخامنشیان یا در دوره بعد از آن توسعه یافته است، مشخص نیست. در افغانستان قنات منبع اصلی آب کشاورزی در جنوب و شمال شرق، خصوصاً در اطراف شهر قندهار می‌باشد.[۳۲] در بلوچستان پاکستان تقریبا دو سوم آب شهر قناع توسط قنات هایی که تقریبا ۹۰ هزار جریب زمین را در آن ناحیه آبیاری می‌کند تامین می‌شود.[۳۳] ظاهراً قنات در غرب چین با قدمتی تا قرن دوم پیش از میلاد استفاده می‌شده است، ولی هانتیگتون مدعی است که این قنات‌ها در دوره تورفان باسین، که یکی از گسترده ترین شبکه‌های قنات را در دنیا تا قرن ۱۸.م داشته است مورد

استفاده قرار نمی گرفته است.[۳۴] در دوران اخیر، تقریبا ۴۰ در صد مردم این ناحیه برای آب خود به قنات هایی که توسط کارگران مهاجر ترک حفر می‌شود وابسته اند.[۳۵]

در دوره دوم گسترش قنات، صنعت قنات از طریق اسلام و اعراب از آفریقای شمالی تا اسپانیا، قبرس و جزایر قناری در قرن ۷ و ۸ بعد از میلاد توسعه یافت. قنات در شمال آفریقا (که در این جا فوقرا نام دارد) بسیار رایج است. قنات‌ها در این مناطق اگرچه توسط بردگان سیاه پوست احداث و نگهداری گردیده اند ولی نمونه‌های جدیدتر آن بسیار نادر می‌باشد.[۳۶] در لیبی قنات در واحه‌های کوفرا و فزان، مخصوصا در قادامس یافت می‌شود.[۳۷] در تونس قنات هایی در شمال چوت جرید[۳۸] و در الجزیره در نواحی مرزی فلات تدمیت در نواحی توات و تیدیکلت در جنوب ارگ بزرگ غربی گزارش شده است.[۳۹] در مراکش، قنات ختاره یا رتاره خوانده می‌شود و در مناطق کوهپایه ای اطلس به ویژه در نواحی اطراف شهر ماراکج[۴۰] و جنوب اطلس در تفیلالت[۴۱] استفاده می‌شود. در این سه ناحیه آخر، یعنی در منطقه تادمیت در جنوب الجزایر، نزدیک ماراکج، و در تافیلالت مراکش، قنات‌ها به نهایی ترین نقطه توسعه خود در ناحیه ای خارج از هسته مرکزی ایران می‌رسند.

صنعت قنات در مناطق توات و تیدیکلت الجزایر چندین قرن پیش از فتح اعراب بدست یهودیان یا بربرهای یهودی شده که از سلطه سایرانیکا در دوران شکنجه تروآ در سال ۱۱۸[۴۲] بعد از میلاد گریخته بودند وارد شد. این فراریان اولین مهاجران یهودی بودند که در منطقه تادمیت مرکز خود را در تامنیت در جنوب ادرار بنا نهادند[۴۳] بعد از فراگیری مبانی صنعت قنات در زمان اقامت طولانی خود در سرزمین ایران، ابتدا در فلسطین و سپس در سایرانیکا، این یهودیان صنعت قنات را به صحرای غربی آوردند. امروزه در این ناحیه بیش از ۱۵۰۰ کیلومتر کانال قنات را می‌توان یافت.[۴۴] نزدیک عولف العرب امروزه ۴۰ قنات حدود ۷ هزار بشکه آب در هر دقیقه برای استفاده ۸ هزار نفر که در ۳۱ هزار کیلومتر مربع پخش شده اند فراهم می‌کند.[۴۵] در واحه عین الصلاح حفظ قنات‌های موجود در هر سال نیاز به فعالیت بیش از ۱۱۵ هزار کارگر به طور روزانه دارد.[۴۶]

قنات‌ها ابتدا در در ماراکج در قرن یازدهم بعد از میلاد در دوره سلطنت المرابطون[۴۷] ساخته شدند. امروزه حدود ۶۵ شبکه قنات در جلگه حوز یافت می‌شود که ۴۰ عدد آنها در حال استفاده بوده و آب را به شهر منتقل می‌کنند[۴۸]. اکثر این شبکه‌ها نسبتا کوتاه می‌باشند. بزرگترین آنها در جنوب شهر قرار دارد که طولی بالغ بر ۴ تا ۵ کیلومتر داشته و حداکثر عمق آن تا ۷۰ متر می‌رسد. در تفیلالت قنات‌ها

اکثراً در واحه تدرها، فرکلا، جورفلا، و صیفا در جنوب و غرب کسار اس سوک قرار دارند. مارگات، ۲۷۳ قنات در این ناحیه یافت، که ۱۴۵ عدد آن در شرایط خوبی قرار داشته و ۱۱۰۰ لیتر آب در هر ثانیه برای آبیاری حدوداً ۸۵۰ هکتار نخلستان فراهم می‌کنند.[۴۹]

صنعت قنات از طریق فرهنگ عرب به اروپا گسترش یافت. قنات با تعداد معدودی در استان اسپانیایی کاتالونیا و در مادرید[۵۰] استفاده می‌شدند و تا کنون یکی از منابع اصلی تامین آب قبرس و جزایر قناری به شمار می‌روند. اخیراً قنات‌های متروکه ای در اروپای مرکزی، در باواریا و بوهمیا کشف شده اند گرچه زمان و چگونگی گسترش قنات‌ها در این ناحیه مشخص نیست.[۵۱] در سال ۱۹۵۰.م برابر با ۱۳۲۹ هجری شمسی، در قبرس خروجی کل قنات‌ها برابر با ۹/۲۵ میلیارد بشکه بود و ظرفیت اضافی ۱/۸۵ میلیارد بشکه نیز در آن زمان در حال ساخت بود.[۵۲] جزایر قناری، تنریفه و گرانکاناریا مملو از *گاریاس*، یا همان واژه ای که برای قنات در آمریکای لاتین استفاده می‌شود می‌باشند.[۵۳] فرض براین است که قنات‌های دنیای جدیدی که تاکنون در مکزیک و در منطقه هاراس، دره هواستکا، تکامن چالکو، و تهواکان و در مناطق آتاکامای پرو و شیلی در ناسکا و پیکا یافت شدند توسط اسپانیایی‌ها در قاره آمریکا احداث گردیدند. اما به نظر می‌رسد که شبکه‌های قنات منطقه آتاکاما دارای قدمتی تا قبل از ورود اسپانیایی‌ها به دنیای جدید می‌رسد؛ بنابر این می‌توان گفت که موضوع گسترش قنات در دوره قبل از کریستف کلمب در سرتاسر اقیانوس آرام محل اختلاف میان مورخان می‌باشد.[۵۴]

برخی ملاحضات اقتصادی – اجتماعی

ساخت و نگهداری قنات هزینه فراوانی دارد، اما کاربرد آن در زمین‌های خشک نیمکره شمالی تقریباً یک پدیده جهانی می‌باشد به دلیل اینکه به مدت چندین قرن قنات اقتصادی ترین و با صرفه ترین ابزار اقتصادی تامین آب در مناطقی که دچار بحران کمبود آب است می‌باشد. اکثر این قنات‌ها به دست حاکمان سیاسی قدرت مند ساخته شده و در کشورهایی مانند ایران قدرت هر حاکم بر اساس تعداد قناتهایی (و مساجدی) که در دوره سلطنتش ساخته است، ارزیابی می‌شد. قنات از مواد اولیه محلی ساخته می‌شد، برده‌ها مسئولیت ساخت قنات را بر عهده داشتند و نگهداری آن توسط یک کارگر نگهبان صورت می‌پذیرفت. ولی در دوران جدید چاه‌های عمیقی که مزیت بسیاری نسبت به قنات دارند در مناطقی که توسط قنات آبیاری می‌گردیده است جایگزین آن شده اند. این چاه‌های عمیق براساس شیب زمین یا شرایط خاک محدودیتی نداشته و می‌توان بر حسب ملاحظاتی چون

حمل و نقل، بازار، و یا دیگر موارد آنها را در نقاط مناسبی حفر کرد. این چاه‌ها آب را از بستر آبی دائم جذب کرده است بنابر این مشکل تغییرات فصلی جریان آب را رفع می‌کنند. هم چنین زمانی که سد قادر به تامین آب نیست، آب هدر نمی رود.[۵۵] ولی تغییر یا جایگزینی شبکه قنات با چاه‌های عمیق مستلزم تغییرات اساسی در الگوهای اجتماعی، رسومات و قوانینی که در رابطه با این شبکه تامین آب ایجاد شده اند می‌باشد. بنابر این به نظر می‌رسد که تنشی بین این دو صنعت در حال شکل گیری است.

بعد از این که قنات کاملاً در جهان اسلام رواج یافت، قوانین و رسومات (شریعت) برای کنترل شبکه تامین آب ایجاد شد. اولین نمونه ثبت شده این قانون *کتابی قانی* یا کتاب قنات که در قرن یازدهم میلادی نوشته شد، می‌باشد.[۵۶] هدف اصلی آن حفظ مالکین قنات از طریق سرمایه گذاری پر مخاطره ولی حیاتی در سکونت گاههای کشاورزی می‌باشد. به طور مثال قانون "حریم (حدود)"، به مالک مصونیتی برای حفظ قلمرو اطراف قنات خود می‌داد و از ته نشین شدن مادرچاه‌ها به فاصله یک کیلومتری قنات‌های موجود جلوگیری کرد. در نتیجه مناطق وسیعی در حاشیه شهرهای تهران، کرمان، سلیمانیه و قندهار که در آنها تراکم چاه کانال‌ها زیاد است(شکل‌های ۲و ۴)، در مجاورت سکونت گاههای جدید قرار گرفته اند به طوری که با رشد جمعیت در این مناطق نسبت زمین‌های کشاورزی پایدار می‌باشد.[۵۷] مالکین قنات در این شهرها اعتمادی به چاه‌های عمیق ندارند و جریان کم کم آب قنات، اتهاماتی مبنی بر این که نزدیکترین چاه عمیق آب سفره زیر زمینی را خشکانده است در پی دارد.

این مشکلات با در نظر گرفتن تاثیر گسترده استفاده قنات در ساختار اجتماعی سکونت گاهها به ویژه (۱) ساختار سکونت گاه‌های موجود در اطراف شبکه تامین آب و (۲) تقسیم مالکیت قنات متناسب با جمعیت دو چندان می‌گردد. در شهرها و روستاههای کوچک که از طریق قنات آبیاری می‌شوند، آب در طول سکونت گاه جریان یافته یا از میان هر مجتمع مسکونی قبل از آبیاری زمین‌های غلات در پایین دست عبور می‌کند. در این محل‌های مسکونی، جای هر خانه با توجه به مسیر آب، کیفیت و کمیت منابع آب تعیین می‌شود که در نتیجه نشانگر وضعیت اقتصادی و اجتماعی ساکنان آن می‌باشد. خانه‌های مجلل اعیان منطقه در قسمت بالادست ،جایی که آب تمیز و فراوان است، قرار دارد. خانه‌های رعایا و کارگران بی بضاعت در پایین دست یعنی جایی که حجم آب کم و کیفیت آن بر اثر استعمال آلوده است قرار دارد.[۵۸] در اکثر موارد، قنات از خانه یا باغ قدرتمندترین ارباب

منطقه وارد محله مسکونی می‌شود.[۵۹] در شهرهای بزرگتر شیب اجتماعی در طول خطوط تامین آب، اغلب با توجه به رشد و توسعه این مناطق در طول تاریخ و شبکه تو در توی کانال‌های توزیع که هر بخش آن نشاگر تعاملات تجاری گذشته، ازدواج یا ارث بری می‌باشد، کم رنگ می‌شود. به طور خلاصه، الگوهای اجتماعی اکثر محلات مسکونی که توسط قنات آبیاری می‌شوند برمبنای تامین آب بوده و روند تغییرات یک شبکه قنات موجب تغییراتی در شبکه‌های دیگر می‌شود.

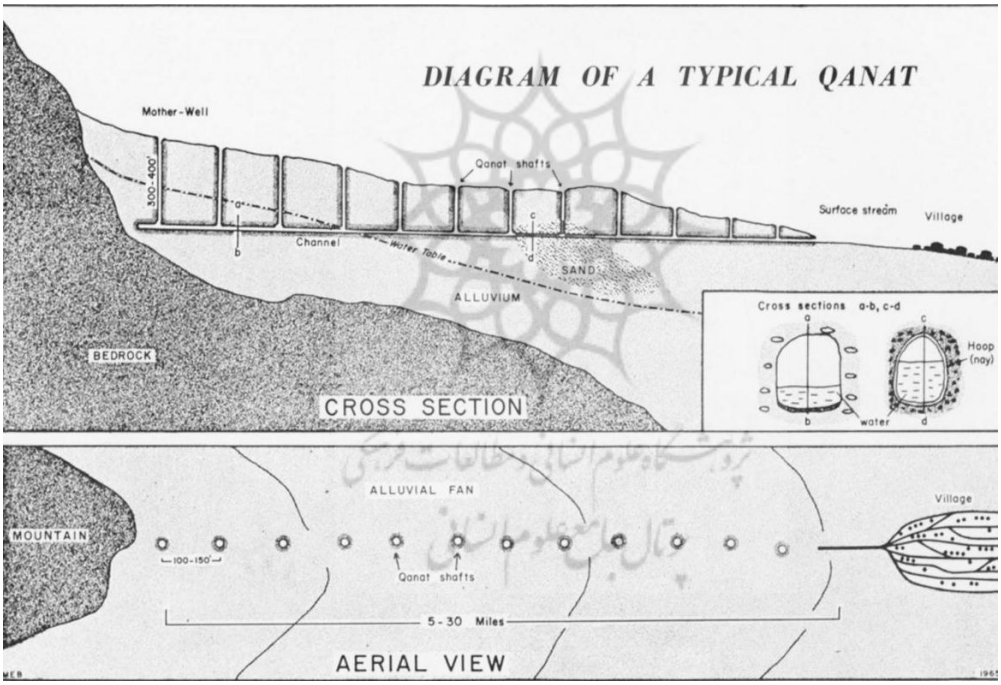
علاوه بر این مالکیت قنات به طور وسیعی در ازای جمعیت منطقه توسعه می‌یابد، به این دلیل که گرچه قنات توسط افراد توانمند ساخته می‌شود، ولی نیاز دائمی برای تعمیرات آنها به دلیل حساسیت آن به عوامل مخرب اجتماعی و طبیعی منجر به تکثر مالکیت می‌گردد. اکثر قنات‌ها دارای دویست یا سیصد مالک بوده و آب برخی از آنها به ۱۰ هزار یا سهم هایی بیشتر از آن نیز تقسیم می‌شود. در برخی موارد، شبکه تقسیم آب قدمتی چندین ساله دارد. به طور مثال قدمت تقسیم آب کنونی در اردستان در مرکز ایران تا قرن سیزدهم میلادی یعنی زمانی که هولاکوخان (نوه چنگیز خان) دستور داد که آب به بیست و یک سهم تقسیم گردیده و هر سهم به یک چارک توزیع شود می‌رسد. برای چندین قنات در کرمان این فرایند تقسیم تا کنون ادامه یافته است به طوری که خرده مالک تنها حق ۳۰ ثانیه آب در هر ۱۲ روز را دارد. معمولا یک میراب برای کنترل توزیع آب قنات نسبت به زمان و مکان گمارده می‌شود و این شخص اختلافات ناشی از جزئیات را حل می‌کند.

شبکه قنات که زمانی الگوهای سکونت در زمین‌های خشک دنیای قدیم را متحول ساخت، اکنون قوه محافظه کاری است که حفظ الگوهای زیستی موجود و شرایط اجتماعی و اقتصادی را بر عهده دارد. این الگوها به واسطه قوانین و رسومات محلی که به عنوان اصول ساختاری جوامع سنتی ماقبل صنعتی را شکل داده اند قلمداد می‌شود و در مقابل تغییر مقاومت کرده و از پیشرفتهای جدید در ساختار خود ممانعت می‌ورزند. به نظر می‌رسد که قنات در توسعه اقتصادی مناطق مسکونی و آبیاری این مناطق بیابانی در آینده نقش مهمی ایفا خواهد کرد و به سرعت به وادی فراموشی سپرده نخواهد شد.[۶۰]

خلاصه

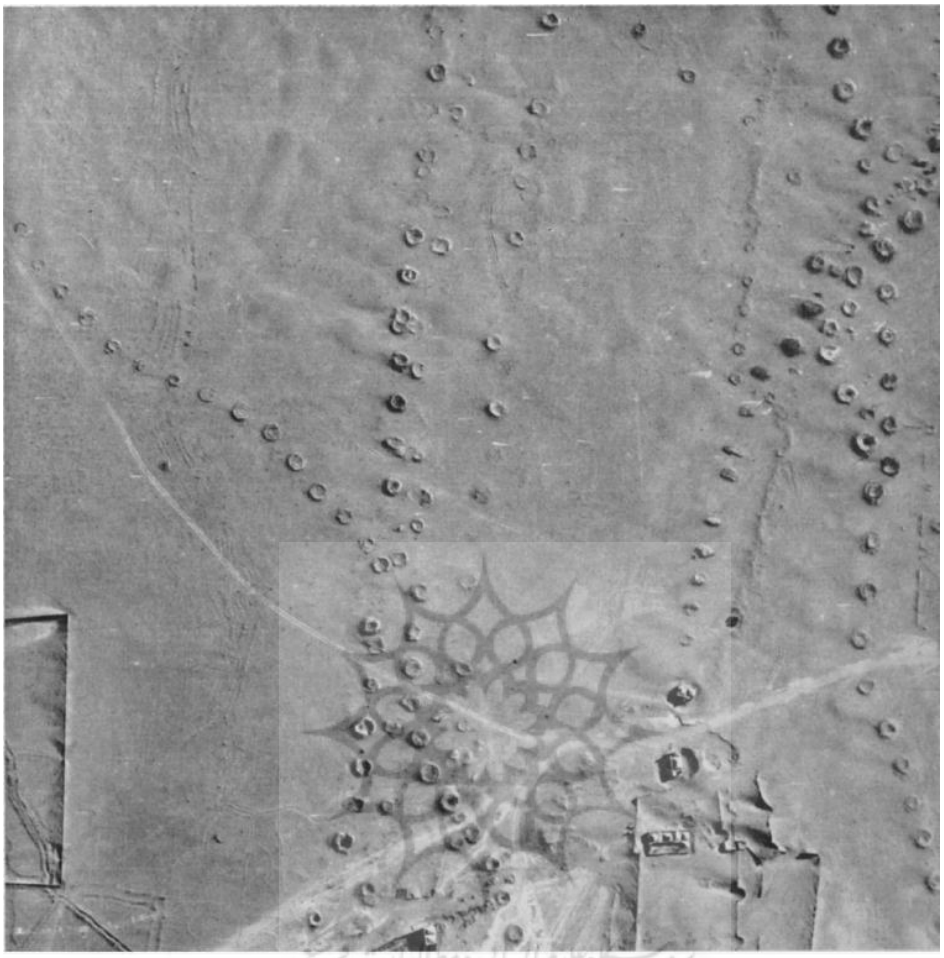
چاه‌های افقی یا قنات‌ها در حواشی ارمنستان بیش از ۲۵۰۰ سال پیش کشف شدند و به سرعت به یکی از روش‌های مهم آبیاری زمین‌های خشک در دنیای قدیم تبدیل شدند. در بخش هایی از ایران، افغانستان، الجزایر، مراکش، این روش ابداعی امکان سکونت بشر را در نواحی کاملاً حاشیه ای فراهم ساخته است. تکنولوژی جدید تهدید جایگزینی قنات با چاههای عمیق کارآمد را در بردارد ولی تا اندازه ای که الگوهای اجتماعی و اقتصادی با این شبکه تامین آب عجین شده است مرحله گذر را دشوار می‌سازد.

تصاویر

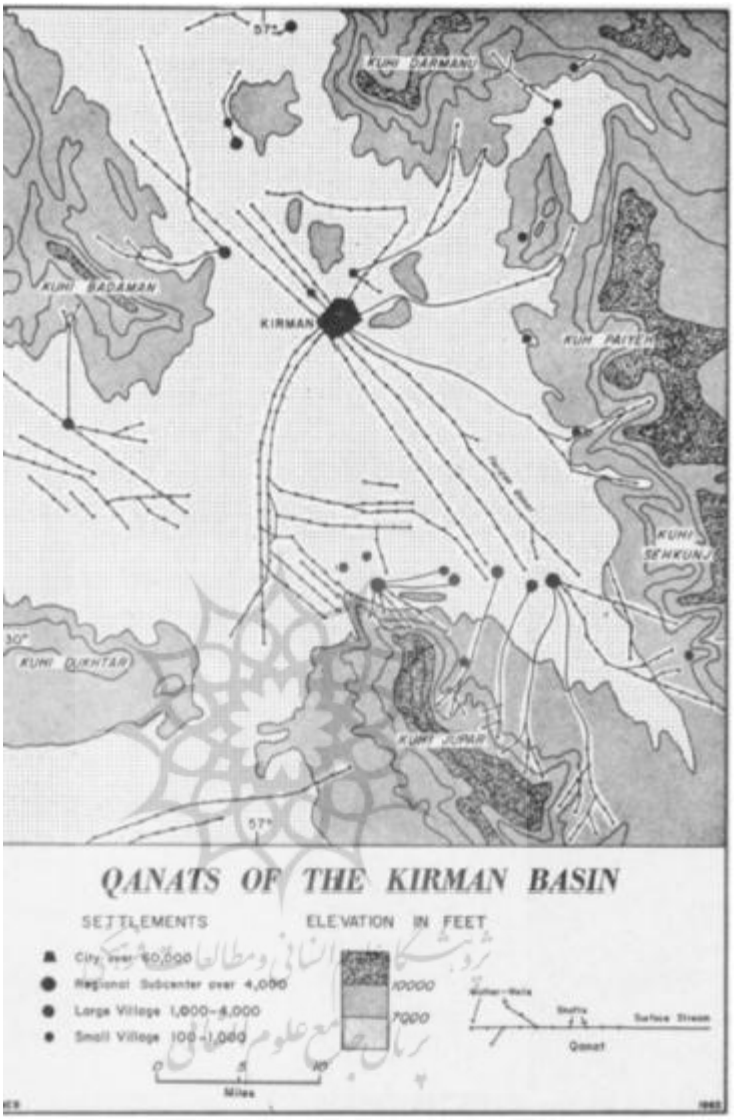


شکل۱: نمودار یک قنات متداول. شکل سطح مقطع و نمای بالایی قنات که نشان گر ابعاد مختلف تونل چاه می‌باشد.

شکل۲: تصویر هوایی (۱:۱۸۷۵) نمایانگر اثر (حلقه چاه های) قنات‌های واقع در جنوب شهر کرمان در ایران. به قناتی که در قسمت بالایی سمت راست تصویر وارد باغ می‌شود، دقت کنید.



شکل ۳: تصویر هوایی قنات‌های (۱:۳۰۰۰) حاشیه ی جنوبی شهر کرمان در ایران با تمام جزییاتش. دقت کنید که چگونه مسیر این قنات‌ها از مناطق متروکه در قسمت مرکزی تصویر به طرف پایین عبور می‌کند.



شکل۴: قنات حوزه ی آبی کرمان. نقشه ی شعاعی شاه تونل‌های اطراف شهر کرمان در ایـران، که بسیاری از شهرهای دنیای قدیم نیز به چشم می‌خورد.

کتابشناسی

AISENSTEIN, B. 1947. "The 'Kahrez,' an Ancient Sys-tem of Artificial Springs." Journal of the Associa-tion of Engineers and Architects in Palestine 8: pp. 2-3.

AsiN, J. OLIVER. 1959. Historia del nombre Madrid (Madrid).

BEADNELL, H. J. L. 1909. An Egyptian Oasis: An Account of the Oasis of Kharga in the Libyan Desert, with special reference to its History, Physical Geography, and Water-Supply (London).

---1933. "Remarks on the Prehistoric Geography and Underground Waters of Kharga Oasis." Geograph-ical Journal 81: pp. 128-139.

BECKETT, PHILIP H. T. 1953. "Qanats around Kirman." Journal of the Royal Central Asian Society 40: pp. 47-58.

B:SWORTH, CLIFFORDE . 1963. The Ghaznavids: Their Empire in Afghanistan and Eastern Iran, A.D. 994- 1040 (Edinburgh). BRIGGS, LLOYD C. 1960. Tribes of the Sahara (Cam-bridge, Mass.).

BRITISH ADMIRALTY. 1945. Persia, Geographical Hand-book Series BR525 (London).

--- 1946. Western Arabia and the Red Sea, Geo-graphical Handbook Series BR527 (London).

BROMEHEAD, C. E. N. 1942. "The Early History of Water-Supply." Geographical Journal 99: pp. 142- 151, 183-195.

CARLSTON, C. W. 1953. "Irrigation Practices in the Quetta-Pishin District of Baluchistan, Pakistan." Annals of the Association of American Geographers 43: p. 160.

COLIN, GEORGE S. 1932. "La Noria marocaine et les machines hydrauliques dans le monde arabe." Hes-peris 14: pp. 22-61.

CORNET, ANDRE. 1951. "Essai sur 1'hydrogeologie du Grand Erg Occidental et des regions limitrophes: les foggaras." Travaux de l'institut des recherches sahariennes 8: pp. 84-104.

CRARY, DOUGLAS D. 1951. "Recent Agricultural Devel-opments in Saudi Arabia." Geographical Review 41: pp. 366-383.

CRESSEY, GEORGE B. 1958. "Qanats, Karez, and Fog-garas." Geographical Review 48: pp. 27-44.

DESPOIS, J. 1961. La Tunisie, ses regions (Paris).

DU BUISSON, MESNIL. 1935. La Site archeologique de Michrife-Qatna (Paris).

ENGLISH, PAUL WARD. 1966. City and Village in Iran (Madison).

EVANARI, M., L. SHANAN, N. H. TADMOR, and Y. AHARONI. 1961. "Ancient Agriculture in the Negev." Science 133: pp. 979-997.

FENELON, P. 1941. "L'Irrigation dans le Haouz de Marrakech." Bulletin de l'association de geographes francais 18: pp. 63-70.

FISHER, B. 1928. "Irrigation Systems of Persia." Geo-graphical Review 18: pp. 302-306.

FORBES, R. J. 1955-1958. Studies in Ancient Technology (6 v., Leiden).

GERSTER, GEORG. 1961. Sahara (New York).

GHAHRAM AN, FARHAD. 1958. The Right of Use and Economics of Irrigation Water in Iran (Ann Arbor).

GLUECK, NELSON. 1943. "Some Ancient Towns in the Plains of Moab." Bulletin of the American Schools of Oriental Research 91: pp. 7-26.

GOBLOT, HENRI. 1962. "Le Probleme de l'eau en Iran." Orient 23: pp. 43-60.

--- 1963. "Dans l'ancien Iran, les techniques de l'eau et la grande histoire." Annales: economies-societes-civilisations 18: pp. 499-520.

GOLAB, L. WAWRZYN. 1951. "A Study of Irrigation in East Turkestan." Anthropos 46: pp. 187-199.

GUPTA, R. N. 1947. Iran: An Economic Survey (New Delhi).

HARTUNG, FRITZ. 1935. "Wasserwirtschaft in Iran." Der Kulturtechniker 39: pp. 78-85, 175-192.

HOGARTH, D. G. 1921. "Some Recent Arabian Explora-tions." Geographical Review 11: pp. 321-337.

HUMLUM, JOHANNES. 1951. "L'Agriculture par irriga-tion en Afghanistan." Comptes rendus, Congres In-ternational de Geographie, Lisbon, 1949 3: pp. 318- 328.

1965. "Underjordiske Vandingskanaler: Kareze, Qanat, Foggara." Kultergeografi 16: pp. 81-132.

HUNTINGTON, ELLSWORTH. 1907. The Pulse of Asia (New York).

INNES, HAMMOND. 1960. The Doomed Oasis (New York).

JONES, JAMES R. 1960. Brief Resume of Ground Water Conditions in Libya (Benghazi).

KAERGER, KARL. 1901. Landwirtschaft und Kolonisation im Spanischen Amerika (2 v., Leipsig).

KINZL, H. 1944. "Die kuinstliche Bewasserung in Peru." Zeitschrift fiir Erdkunde 12: pp. 98-110.

KLAUBERT, HELMUT. 1967. "Qanats in an Area of Bavaria-Bohemia." Geographical Review 57: pp. 203-212

. KoCKS, K. G., F. H. 1959. Rural Development Plan, South Khorassan: Preliminary Study (Tehran).

KRENKOW, F. 1951. "The Construction of Subterranean Water Supplies during the Abbaside Caliphate." Transactions of the Glasgow University Oriental Society 13: pp. 23-32.

KUROS, GHOLAM-RESA. 1943. Irans Kampf um Wasser (Berlin).

LAESS0E, J0RGEN. 1951. "The Irrigation System at Ulhu, 8th Century B.C." Journal of Cuneiform Studies 5: pp. 21-32.

--- 1953. "Reflexions on Modern and Ancient Oriental Water Works." Journal of Cuneiform Studies 7: pp. 5-26.

LAMBTON, ANN K. S. 1953. Landlord and Peasant in Persia (London), pp. 210-229.

LEWIS, NORMAN N. 1949. "Malaria, Irrigation, and Soil Erosion in Central Syria." Geographical Review 39: pp. 278-290.

L6, CNE. 1953, 1954. "Les Foggaras du Tidikelt." Travaux de l'institut des recherches sahariennes 10: pp. 139-181; 11: pp. 49-79. MACFADYEN, W. A. 1938. Water Supplies in Iraq, Iraq Geological Publications 1 (Baghdad).

1942. "The Early History of Water-Supply: Dis-cussion." Geographical Journal 99: pp. 195-196. MARGAT, JEAN. 1958. "Les Recherches hydrogeologiques et l'exploitation des eaux souterraines au Tafilalt." Mines et geologie (Rabat) 4: pp. 43-68.

--- 1958. "Les Ressources en eau des palmeraies du Tafilalt." Bulletin economique et social du Maroc 22: pp. 5-24.

MERLICEK, E. 1941. "Aus Irans Kulturvergangenheit: Wasserwirtschaft und Kultur in ihren Zusammen-hangen und gegenseitigen Beziehungen." Deutsch Wasserwirtschaft 36: pp. 301 ff.

MOLENAAR, A. 1956. Water Lifting Devices for Irriga-tion, FAO Agricultural Development Paper 60 (Rome).

MOUTERDE, R., and A. POIDEBARD. 1945. Le Limes de Chalcis, Bibliotheque archeologique et historique 38 (2 v., Paris).

MURRAY, G. W. 1955. "Water from the Desert: Some Ancient Egyptian Achievements." Geographical Journal 121: pp. 171-181. NOEL, E. 1944. "Qanats." Journal of the Royal Central Asian Society 31: pp. 191-202.

OLMSTEAD, A. T. 1948. History of the Persian Empire (Phoenix ed., Chicago).

OVERSEAS CONSULTANTS. 1949. Report on the Seven Year Development Plan for the Plan Organization of the Imperial Government of Iran (3 v., New York) 3.

POIDEBARD, A. 1934. La Trace de Rome dans le desert de Syrie.- Le limes de Trajan a la conquete arabe.- Recherches aeriennes (1925-1932), Bibliotheque archeologique et historique 18 (Paris).

POND, ALONZO W. 1962. The Desert World (New York).

POUPART, JEANNE-MARIE. 1949. "Les Problemes de l'eau a Marrakech," Les Cahiers d'Outre-Mer 2: pp. 38-53.

RAEBURN, C. 1945. Water Supply in Cyprus (2nd ed., Nicosia).

REIFENBERG, A. 1955. The Struggle between the Desert and the Sown (Jerusalem).

SIMON, J. 1907. "Oasenkultur in der chilenischen Wiiste Atacama." Tropenpflanzer 11: pp. 387-392.

SINGER, CHARLES, ed. 1954. A History of Technology (5 v., Oxford) 1: pp. 531-535.

SOLIGNAC, MARCEL. 1952. "Recherches sur les installa-tions hydrauliques de Kairouan et les steppes tunis-iennes du VIIe au XIe siecle." Annales de l'institut d'etudes orientales 10: pp. 1-9.

STEIN, AUREL. 1933. "Note on a Map of the Turfan Basin." Geographical Journal 82: pp. 236-246.

--- 1934. "Archaeological Reconnaissances in Southern Persia." Geographical Journal 83: pp. 119-134.

TROLL, CARL. 1963. "Qanat-Bewasserung in der Alten und Neuen Welt." Mitteilungen der Osterreichischen Geographischen Gesellschaft 105: pp. 313-330.

TROUSSU, PIERRE. 1919. "Les Retharas de Marrakech." France-Maroc 3: pp. 246-249.

VOINOT, LT. 1909. "Le Tidikelt: etude sur le geo-graphie, l'histoire, et les moeurs du pays." Bulletin de la societe' de geographie et d'archeologie d'Oran 29: pp. 185-216, 311-366, 419-480.

WALPOLE, G. F. 1932. An Ancient Subterranean Aque-duct West of Matruh, Survey of Egypt 42 (Cairo).

WRIGHT, EDWIN M. 1943. "The Eighth Campaign of Sargon II of Assyria (714 B.C.)." Journal of Near Eastern Studies 2: pp. 173-186. WULFF, HANS E. 1966. The Traditional Crafts of Persia (Cambridge and London).

---1968. "The Qanats of Iran." Scientific American 218: pp. 94-105.

[۱]- کار میدانی برای این تحقیق تحت حمایت برنامه تحقیقاتی میدانی برون مرزی مربوط به آکادمی ملی علوم- شورای ملی تحقیق انجام گرفت. مایکل ای. بونین شکل های ۱ و ۴ را رسم کرد. مقاله‌های عمومی در زمینه کانال چاه عبارتند از: جوگرافیکال ریویو، جورج بی. گرسی، «قنات، کاریز، و فوقرا» شماره ۴۸، ۱۹۵۸، ص ۲۷-۴۴؛ صنایع سنتی ایران، کمبریج و لندن، ۱۹۶۶، ص ۲۴۰-۲۵۶؛ ولف، هانس ای، «قنات‌های ایران»، نشریه ساینتیفیک امریکن، شماره ۲۱۸، ۱۹۶۸، ص ۹۴-۱۰۵.

[۲]- لایسی، جارگن، «تفکری در صنایع آبی خاور باستان»، نشریه ژورنال آو کونیفورم استادیز، شماره ۷، ۱۹۵۳، ص ۵-۲۶؛ سینگر، چارلز، تاریخچه تکنولوژی ۱، ۵، آکسفورد، ۱۹۵۴، ص ۵۳۱-۵۳۵؛ مولمار، لوازم استحصال آب برای آبیاری، «توسعه کشاورزی»، فائو، شماره ۶۰، رم، ۱۹۵۶.

[۳]- بکت، فیلیپ اچ تی، «قنات‌های اطراف کرمان»، نشریه جامعه آسیایی مرکزی سلطنتی، شماره ۴۰، ۱۹۵۳، ص ۴۷-۵۸؛ انگلیش، پاول وارد، شهر و روستا در ایران، مدیسون، ۱۹۶۶، ص ۱۳۵-۱۴۰.

[۴]- ایران، مجموعه کتاب‌های جغرافی نیروی دریایی بریتانیا، لندن، ۱۹۴۵، ص ۵۴۱.

[۵]- نوئل، ای، «قنات»، نشریه جامعه آسیایی مرکزی سلطنتی، شماره ۳۱، ۱۹۴۴، ص ۱۹۲.

[۶]- این فرایند در مطالعه میدانی مشاهده نشد. فرایند مزکور در مقاله:

ibid, pp. 196-197; Philip H. T. Beckett, op. cit. 40 (1953): pp. 48-49; Hans E. Wulff, op. cit. (1966), pp. 252-253.

توضیح داده شده است.

[7]- F. H. Kochs K. G., Rural Development Plan, South Khorassan: Preliminary Study (Tehran, 1959), p. 29.

[۸]- نموداری که این دستگاه را در: E. Noel, op.c it. 31 (1944): p. 198 نشان می دهد به صورت معکوس چاپ گردیده است.

[۹]- یک فرض بر اساس (۱) سند اولیه برای قنات ها در این منطقه،(۲) این نکته که قنات تفاوت کمی با تونل های معدن کاران اولیه دارد، (۳) شهرت ارمنستان به عنوان یکی از قدیمی ترین معدنی و فلزی در خاورمیانه.

[10]- Jorgen Laess0e, "The Irrigation System at Ulhu, 8th Century B.C.," Journal of Cuneiform Studies 5 (1951): pp. 21-32; R. J. Forbes, Studies in Ancient Technology (6 v., Leiden, 1955-1958) 1: p. 153 ff.

مکان دقیق این شبکه آبیاری منطقه اولای جدید (اولاغ) در جنوب غربی انتهای جنوب غربی دریاچه رضائیه می باشد منبع:

Edwin M. Wright, "The Eighth Cam-paign of Sargon II of Assyria (714 B.C.)," Journal of Near Eastern Studies 2 (1943) : pp. 173-186.

[11]- W. A. MacFadyen, "The Early History of Water- Supply: Discussion," Geographical Journal 99 (1942): pp. 195-196; Charles Singer, ed., op. cit. 1 (1954): pp. 533-534; R. J. Forbes, op. cit. 2 (1955-1958): pp. 21-22.

[12]- Henri Goblot, "Dansl'ancien Iran, les techniques de l'eau et la grande histoire," Annales: economies-societes-civilisations 18 (1963) : p. 510.
[13]- E. Merlicek, "AusIransKulturvergangenheit: Was-serwirtschaft und Kultur in ihrenZusammenhingen und gegenseitigenBeziehungen," Deutsch Wasserwirtschaft 36 (1941) : pp. 301 ff.; Carl Troll, op. cit. 105 (1963): p. 314.

[۱۴]- متن مهمی از پولیبیوس (Historiae, X. 28) بیان می کند که قنات در سرزمین ایران در زمان اشکانیان رایج بوده است.(248 B.C.-A.D. 224). سند باستان شناسی مربوط به اشتاین این گفته را تایید می کند.

Stein's archaeological evidence supports this statement. AurelStein, "Archaeological Reconnaissances in Southern Persia," Geographical Journal 83 (1934) : pp. 122-124, 132.

دیگر نویسندگانی که در رابطه با قنات مطلب نوشته اند عبارت اند از جغرافیدان یونانی :

Megasthenes [quoted in R. J. Forbes, op. cit. 1 (1955-1958) : p. 153] and the Roman architect and engineer Pollio Vitruvius (De Architectura, VIII. 6.3.)

[15]- FarhadGhahraman, The Right of Use and Eco-nomics of Irrigation Water in Iran (Ann Arbor, 1958), pp. 44-45; Henri Goblot, "Le Probleme de l'eau en Iran," Orient 23 (1962) : p. 50.

دیگر مباحث مربوط به قنات عبارت اند از:

B. Fisher, "Irrigation Systems of Persia," Geographical Review 18 (1928): pp. 302-306; Fritz Har-tung, "Wasserwirtschaft in Iran," Der Kulturtechniker 39 (1935): pp. 78-85, 175-192; Gholam-ResaKuros. IransKampfurnmWasser (Berlin, 1943); Hans E. Wulff, op. cit. 218 (1968): pp. 94-105.

[۱۶]- این شکل در اصل در منبع زیر ارائه گردید:

E. Noel, op. cit. 31 (1944): p. 191 and is repeated in George B. Cressey, op. cit. 48 (1958): p. 39 and R. N. Gupta, Iran: An Economic Survey (New Delhi, 1947), p. 46.

[17]- Clifford E. Bosworth, TheGhaznavids: Their Em-pire in Afghanistan and Eastern Iran, A.D. 944-1040 (Edinburgh, 1963), pp. 155-157; George B. Cressey, op. cit. 48 (1958): p. 38.

[18]- C. E. N. Bromehead, "The Early History of Water- Supply," Geographical Journal 99 (1942): pp. 195-196. See also: F. Krenkow, "The Construction of Subterranean Water Supplies during the Abbaside

Caliphate," Trans-actions of the Glasgow University Oriental Society 13 (1951) : pp. 23-32.

[19]- W. A. MacFadyen, Water Supplies in Iraq, Iraq Geological Publications 1 (Baghdad, 1938.

[20]- Nelson Glueck, "Some Ancient Towns in the Plains of Moab," Bulletin of the American Schools of Oriental Research 91 (1943) : pp. 9-10; B. Aisenstein, "The 'Kahrez', an Ancient System of Artificial Springs," Journal of the Association of Engineers and Architects in Palestine 8 (1947) : pp. 2-3; A. Reifenberg, The Struggle between the Desert and the Sown (Jerusalem, 1955), pp. 53-54.

[21]- M. Evanari, L. Shanan, N. H. Tadmor, and Y. Aharoni, "Ancient Agriculture in the Negev," Science 133 (1961) : pp. 979-997.

[22]- Mesnil du Buisson, La Site archeologique de Mich-rife-Qatna (Paris, 1935), p. 53, pl. XI.

[23]- A. Poidebard, La Trace de Rome dans le desert de Syrie.-Le limes de Trajan a la conquetearabe.-Re-cherchesaeriennes (1925-1932), Bibliothequearcheolo-gique et historique 18 (Paris, 1934); R. Mouterde and A. Poidebard, Le Limes de Chalcis, Bibliothequearcheo-logique et historique 38 (2 v., Paris, 1945) 2: plans 2-4.

[24]- Norman N. Lewis, "Malaria, Irrigation, and Soil Erosion in Central Syria," Geographical Review 39 (1949): p. 286.

[25]- A. T. Olmstead, History of the Persian Empire (Phoenix ed., Chicago, 1948), p. 224.

[26]- H. J. L. Beadnell, An Egyptian Oasis: An Account of the Oasis of Kharga in the Libyan Desert, with special reference to its History, Physical Geography, and Water- Supply (London, 1909), p. 171; "Remarks on the Pre-historic Geography and Underground Waters of Kharga Oasis," Geographical Journal 81 (1933) : pp. 128-139.

[27]- G. W. Murray, "Water from the Desert: Some Ancient Egyptian Achievements," Geographical Journal 121 (1955): pp. 171-181.

[28]- G. F. Walpole, An Ancient Subterranean Aqueduct West of Matruh, Survey of Egypt 42 (Cairo, 1932).

[29]- George B. Cressey, op. cit., 48 (1958): pp. 42-43; Carl Troll, op. cit. 105 (1963) : p. 318; Johannes Humlum, op. cit. 16 (1965) : p. 102.

[30]- British Admiralty, Western Arabia and the Red Sea, Geographical Handbook Series BR 527 (London, 1946), pp. 33-34.

[31]- D. G. Hogarth, "Some Recent Arabian Explora-tions," Geographical Review 11 (1921) : p. 336; Douglas D. Crary, "Recent Agricultural Developments in Saudi Arabia," Geographical Review 41 (1951) : p. 368.
اهمیت آبیاری بوسیله قنات برای حفظ سکونتگاه در این ناحیه موضوع مهمی در داستان زیر است:
Hammond Innes, The Doomed Oasis (New York, 1960).
[32]- Johannes Humlum, "L'Agriculture par irrigation en Afghanistan," Comptesrendus, Congres International de Geographie, Lisbon, 1949, 3 (1951): pp. 318-328.
[33]- C. W. Carlston, "Irrigation Practices in the Quetta- Pishin District of Baluchistan, Pakistan," Annals of the Association of American Geographers 43 (1953): p. 160.
[۳۴]- سند ارائه شده توسط هانتینگتون که بوسیله مصاحبه های محلی بدست آمد به دلیل عدم وجود منابع لازم در مآخذ چینی برای قنات در تورفان باسین تا دوره تانگ و حتی بعد از آن مورد تایید نمی باشد.
Ellsworth Huntington, The Pulse of Asia (New York, 1907), pp. 310, 317; Aurel Stein, "Note on a Map of the Turfan Basin," Geographical Journal 82 (1933) : pp. 236-246.
[35]- L. WawrzynGolab, "A Study of Irrigation in East Turkestan," Anthropos 46 (1951): pp. 187-199.
[۳۶]- گرچه پاند اخیراً ساخت یک قنات جدید را در علوف العرب در جنوب الجزایر شرح داده است
Alonzo W. Pond, The Desert World (New York, 1962), pp. 173-176.
[37]- James R. Jones, Brief Resume of Ground Water Conditions in Libya, (Benghazi, 1960), p. 20; personal communication, March 16, 1964.
[38]- Marcel Solignac, "Recherchessur les installations hydrauliques de Kairouan et les steppes tunisiennes du VIIe au XIesiecle," Annales de l'institutd'etudesorien-tales 10 (1952): pp. 1-9; J. Despois, La Tunisie, ses regions (Paris, 1961), pp. i60-61.
[39]- Cne. L6, "Les Foggaras du Tidikelt," Travaux de l'institut des recherchessahariennes 10 (1953) : pp. 139- 181; 11 (1954): pp. 49-79; Lt. Voinot, "Le Tidikelt: etude sur le geographie, l'histoire, et les mceurs du pays," Bulletin de la societe de geographie et d'archeologied'Oran 29 (1909): pp. 185-216, 311-366, 419-480.
[40]- Pierre Troussu, "Les Retharas de Marrakech," France-Maroc 3 (1919): pp. 246-249; P. Fenelon, "L'irri-gationdans le Haouz de Marrakech," Bulletin de l'associa-tion de geographesfrancais 18 (1941) : pp. 63-70.
[41]- Jean Margat, "Les Recherchеshydrogeologiques et l'exploitation des eauxsouterraines au Tafilalt," Mines et geologie (Rabat) 4 (1958) : pp. 43-

68; "Les Ressources en eau des palmeraies du Tafilalt," Bulletin economique et social du Maroc 22 (1958): pp. 5-24.

[42]- Lloyd C. Briggs, Tribes of the Sahara (Cambridge, Mass., 1960), pp. 11-12.

[۴۳]- کریسی تخمین می زند که اکنون ۴۰ کیلومتر تونل قنات در تامنتیت با مادر چاههایی به عمق ۶۰ تا ۷۰ متر وجود دارد.

George B. Cressey, op. cit. 48 (1958): p. 44.

[۴۴]- این گونه برآوردها مختلف است. به طور مثال گرستر بیان می کند که در حدود ۳ هزار کیلومتر تونل در مرزهای تدمیت با خروجی کل آب حدوداً ۶۰۰ بشکه در ثانیه وجود دارد.

Georg Gerster, Sahara (New York, 1961), p. 74.

[45]- Lloyd C. Briggs, op. cit. (1960) : p. 11.

ارغام مربوط به خروجی آب هر یک از این قنات ها را می توان در منبع زیر یافت:

Andre Cornet, "Essaisurl'hydrogeologie du Grand Erg Occi-dental et des regions limitrophes: les foggaras," Travauxde l'institutdesrecherchessahariennes 8(1951): pp. 84- 104.

[46]- Georg Gerster, op. cit. (1961), p. 76.

[47]- Pond states that the first qanat was built at Mar-rakech by Ubaid Allah ibnYamus in 1078 A.D. Alonzo W. Pond, op. cit. (1962), pp. 175-176.

[48]- George S. Colin, "La Noriamarocaine et les machines hydrauliquesdans le monde arabe," Hespe'ris 14 (1932): pp. 38-39; Jeanne-Marie Poupart, "Les Prob-lemes de l'eaui Marrakech," Les Cahiers d'Outre-Mer 2 (1949) : pp. 38-53.

[49]- Jean Margat, op. cit., Mines et geologie (Rabat) 4 (1958) : p. 48.

[50]- J. Oliver Asin, Historia del nombre Madrid (Madrid, 1959), pl. XVII and map.

[51]- Helmut Klaubert, "Qanats in an Area of Bavaria- Bohemia," Geographical Review 57 (1967): pp. 203-212.

[52]- 52 George B. Cressey, op. cit. 48 (1958) : p. 42. For details see: C. Raeburn, Water Supply in Cyprus (2nd ed., Nicosia, 1945).

[۵۳]- ۳۰۵ قنات در تنریفه در سال ۱۹۶۰ وجود داشت. رجوع شود به نقشه زیر:

Johannes Humlum, op. cit. 16 (1965): p. 107.

[54]- Karl Kaerger, Landwirtschaft und KolonisationimSpanischenAmerika (2 v., Leipsig, 1901) 2: pp. 251- 254; J. Simon, "Oasenkultur in der chilenischenWiiste Atacama," Tropenpflanzer 11 (1907): pp. 387-392; H. Kinzl, "Die kiinstlicheBewaisserung in Peru," Zeitschrift fur Erdkunde 12

(1944): pp. 98-110; Carl Troll, op. cit. 105 (1963): pp. 321-329; Johannes Humlum, op. cit. 16 (1965) : pp. 108-113.

[۵۵]- مقایسه اقتصاد قنات با چاههای عمیق را می توان در منبع زیر یافت:

Overseas Consultants, Report on the Seven Year Development Plan for the Plan Organizationof the ImperialGovernmentof Iran (3 v., New York, 1949) 3: pp. 149-151, 191-192.

[۵۶]- یک گردهمآیی ویژه ای در خراسان در قرن نهم هجری توسط عبدالله بن طاهر برای نوشتن کتاب قوانین قنات برگزار گردید، زیرا که در کتابهای دیگر قانون (فقه) و در سنت پیامبر قنات ذکر نگردیده است.

Ann K. S. Lambton, Landlord and Peasant in Persia (London, 1953), p. 217.

[۵۷]- در ارتباط با موضوع کرمان به مبحث ذکر شده در منبع زیر رجوع شود.

Paul Ward English, op. cit. (1966), pp. 33, 103-104.

[۵۸]- در برخی موارد این تفاوت حجم تا حد ۴۰ در صد کل می رسد که به طور شدیدی مقدار و نوع محصولات نقدآور را که کشاورزان فقیر در بخش های پایین دست تولید می کنند محدود می کند.

[59]- Also noted in: George B. Cressey, op. cit. 48 (1958): p. 29.

[60]- Ann K. S. Lambton, op. cit. (1953), p. 218.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی