فصلنامه ایران‌شناسی
Irānshenāsi
Journal of Iranology

کاریز

ترجمه مدخل KARIZ در *دانشنامه ایرانیکا*[1]

نوشته گزاویه دو پلانو

KĀRIZ

Xavier de Planhol
Encyclopædia Iranica

Translated by
Farshid Sharif Moghaddam

مترجم:
فرشید شریف مقدم

کاریز [مجموعهٔ] کانال‌های آبرسانی زیرزمینی است که **قنات** نیز نامیده می‌شود. در این مقاله، از شکل پارسیِ میانهٔ شرقی ([رایج در مناطقی] مانند خراسان، بلوچستان و افغانستان) و کهنِ **کاریز** (کار [کشیدن شیار] + ریز [جاری شدن]) استفاده خواهد شد. در زبان رسمی اداری ایران، اصطلاح عربیِ **قنات** (مُعَرّبِ واژهٔ ایرانیِ **کَنات**) به اصطلاح فنّیِ برتر تبدیل شده‌است.

کاریز آب را با استفاده از گرانش ساده، به منظور توزیع در مناطق پست‌تر، از سطح سفرهٔ آب تا فضای باز هدایت می‌کند. این فناوری در درجهٔ اول، برای آبیاری (رک مدخل «آبیاری»، *ایرانیکا*[2]) مورد استفاده قرار می‌گیرد و امکان کشتِ تقریباً یک‌ونیم میلیون هکتار زمین (حدود ۰/۶ درصد از کل سطح آبیاری‌شده) در سطح جهان را فراهم می‌کند (Balland, 1992a: 1). کانال‌های آب زیرزمینی در ارتفاعات ایران و افغانستان سرچشمه گرفته و تا امروز فناوری برترِ آبرسانی باقی مانده‌اند.

۱) واژه‌شناسی

همان‌طور که در بالا ذکر شد، **کاریز** اصطلاحِ وضع‌شده برای کانال‌های آبرسانی زیرزمینی در شرق ایران است. برای ملاحظه نخستین کاربردهای کلمه **کاریز** در شعر و سایر متون ادبی فارسی نو، به مراجع *لغتنامه دهخدا* (ج ۱۴: ۱۵۶-۱۵۷) نگاه کنید؛ همچنین با **قاریس**[3] در پارسی میانهٔ مانوی (Henning, 84) و **کَهریز** در فارسی (دهخدا، ج ۱۵: ۴۲۱-۴۲۲) مقایسه نمایید. در دوره قبل از اسلام، منعکس شده در متون حقوقی پهلوی، فقط اصطلاح **کَهَس** در مورد کانال‌های آبرسانی به چشم می‌خورد (متون: Pagliaro; Menasce; Macuch, 549-59 با

1. KĀRIZ – Xavier de Planhol – Encyclopedia Iranica - Vol. XV, fase.6, pp. 564-565; Originally Published: December 15, 2011; Last Updated: May 23, 2017

2. ĀBYĀRĪ: iranicaonline.org/articles/abyari-irrigation-in-iran

3. qhryz

تقریظ؛ همچنین نک Briant, 18, n. 19؛ قس G. Lazard در Goblot, 1979, 20, n. 48). شاید از **کَهَس**، علاوه بر یا به‌جایِ «کانال زیرزمینی»، به‌عنوان آبگذر سطحی نیز یاد شده‌باشد (مثلاً در مدخل« فرهنگ پهلوی» *ایرانیکا*[۴] که در نیبرگ، ص ۶۴ و هنینگ، ص ۹۱ تحلیل شده‌است). دامنه معانی مشابهی برای واژه سریانی qtātā (R. P. Smith, 524) می‌توان یافت که نیبرگ (ص ۶۴) آن را منبع کلمهٔ پارسیِ میانه دانسته‌است. اصطلاح باستانیِ نیای کلمهٔ فارسیِ **کاریز**، ممکن است نام رودخانه افسانه‌ایِ عربیِ **کُریس**[۵] بوده‌باشد. هرودوت (III.9) در روایت خود از لشکرکشی کمبوجیهٔ دوم هخامنشی (رک مدخل «کمبوجیه»، *ایرانیکا*[۶]) به مصر، داستانی راجع به لوله‌کشی آب از **کُریس** به درون مخازن، نقل می‌نماید (بحث‌شده در Briant, pp. 28-29).

همچنین، اصطلاح **کاریز** به‌وفور برای کانال‌های آب زیرزمینی در فرارود[۷]، افغانستان، هند و چین به‌کار می‌رود و به‌دلیل استفاده در زبان‌های ترکی فرارود، به وام‌واژه‌ای در زبان روسی[۸] تبدیل شده‌است. در جنوب قزاقستان (دِئوم و سالا[۹])، از کاریز برای سیستم‌های چاه آرتزین استفاده می‌شود که از فشارِ رو به جلوی طبیعیِ آب‌های زیرزمینی بهره می‌برد؛ اما این چاه‌ها هیچ ارتباطی با کانال‌های زهکشی ندارند. اصطلاح کاریز از آنجا گسترش بیشتری یافت که توسط مدیران روسی و انگلیسی به‌عنوان یک اصطلاح فنی به‌کار گرفته شد. کاریز گهگاه در قسمت غربی سرزمین‌های اسلامی، به‌ویژه در بخش غربی عربستان و حتی منطقهٔ جدّه، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Goblot, 1979: 107-8; Planhol, 1992: 138) که گواه بر نفوذ فرهنگی ایران است؛ احتمالاً از زمان تلفیق بزرگ فرهنگ عربی - ایرانی در عصر خلافت عباسی (۷۵۰-۱۲۵۸م) (رک مدخل «خلافت عباسی»، *ایرانیکا*[۱۱]).

در مرکز و غرب ایران، کلمهٔ مُعَرّبِ **قَنات** (جمع: قنات‌ها و کمتر قَنَوات) در اثر گسترش زبان عربی در پی فتح ایران در قرن هفتم میلادی، رایج شد. کاربرد این اصطلاح در غرب آسیا ممکن است به پیش از کشورگشایی‌های ایران در قرن ششم پیش از میلاد بازگردد (قس: شهر کناتِ[۱۲] بابل، شماره ۳۲:۴۲، اول تواریخ ۲:۲۳[۱۳]). قنات و اسم مربوط به مُقَنّی («کانال‌کَن، چاهکَن»، اسم فاعل سوم شخص مفرد مذکر از باب تفعیل ریشه «قَ نَ وَ»؛ «حفر کردن») در ادبیات رسمی زبان فارسی و سوابق اداری ایرانِ معاصر به‌خوبی تثبیت شده‌است. اما در اصل، مانند امروز، این اصطلاح به‌ویژه به انواع کانال‌های روبازِ آب اشاره دارد.

در سرزمین‌های عربی، اصطلاحات آبیاری بسیار جاافتاده است (Balland, 1992a, 4) و تعدادی از اصطلاحات بومی و محلی نیز علاوه بر **کاریز**، در غرب عربستان مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صحرای سوریه، قنات به معنی کانال آب زیرزمینی است (Kobori, 1980)، درحالی‌که در عمان **فلاج** (جمع: افلاج؛ به معنی «تَرَک، شکاف»)، در حضرموت **میان** (قس: ماء/ میاه؛ «آب»)، در یمن **غَیل**[۱۴] (جمع: غُیول و اَغیال[۱۵]) و در حجاز **خَیف**[۱۶] (جمع: خیُف[۱۷]) استفاده می‌شود. اصطلاح **فُگّـرَه**[۱۸] (جمع: فِگاگیر[۱۹]؛ قس فَجَرَ [:عربی] «گذرگاه برای

4. FARHANG Ī PAHLAWĪG 3.4, *Iranica*, Vol. X, Fasc. 2, pp. 123-125
5. Corys
6. CAMBYSES, *Iranica* - Vol. IV, Fasc. 7, pp. 726-729
7. Central Asia
8. kyarez
9. Deom & Sala
11. ʿABBASID CALIPHATE, *Iranica* - Vol. I, Fasc. 1, pp. 89-95.
12. Kenath
13. Num. 32:42, 1 Chron. 2:23
14. ḡayl
15. ḡoyūl, aḡyāl
16. k̲ayf
17. k̲yof
18. foggara
19. fegāgir

چیزی ایجاد کردن، راهِ جریان به چیزی دادن») تقریباً در همه جا در صحرای الجزایر شناخته‌شده است، اگرچه **بُنگبینی** (جمع: بُنگبینیو)[۲۰] **و خَطّاره** (جمع: خَطاطِر)[۲۱] به‌ترتیب در تَبِلباله[۲۲] و مراکش رایج‌ترند.

استفاده از اصطلاح قنات به‌سمت شرق گسترش یافته و هم‌اکنون در مناطقی نیز یافت می‌شود که قبلاً در آن **کاریز** اصطلاح غالب برای کانال‌های زیرزمینی بوده‌است. دانیل بالان[۲۳] (1992b, 97-100) این پدیده را به‌دقت در افغانستان (رک مدخل «افغانستان»، *ایرانیکا*[۲۴]) تحلیل و نقشه‌نگاری کرده‌است؛ جایی که وی ۹۴ جاینامِ ساخته‌شده از **قنات** و ۳۴۰ جاینامِ برگرفته از **کاریز** پیدا کرد. اصطلاح **قنات** در عین اینکه از ذهنیتِ ادبی برتری میان دست‌اندرکاران افغانستانی که بیشترشان فارسی‌زبانانِ بومی هستند، برخوردار است؛ به همان اندازهٔ مناطق فارسی‌زبانِ غرب افغانستان، در حوزه زبانی پشتو نیز به‌کار می‌رود. جاینام‌هایی با واژهٔ **قنات** به‌ویژه در منطقه قندهار و در غرب، اطراف هِرات (رک مدخل «هِرات»، *ایرانیکا*[۲۵]) تا فَراه (رک مدخل «فراه»، *ایرانیکا*[۲۶]) در جنوب، بسیـار زیـاد است؛ اگرچه نمونه‌های جداافتـاده‌ای در جنوب شرقی، اطراف غَـزنی (رک مدخل «غَزنی»، *ایرانیکا*[۲۷]) و جنوب کابـل (رک مدخل «کابل»، *ایرانیکا*[۲۸])، مشاهده می‌شود. این توزیع نشان می‌دهد تداول این اصطلاح نتیجهٔ فرهنگ‌پذیری بوده که کانون‌هایش شهرهای بزرگ هرات و قندهار بودند؛ زیرا این مناطق تا قرن نوزدهم، به حوزه نفوذ فرهنگی و سیاسی ایران تعلق داشتند. در مقابل، در شرق افغانستان، در حوالی کابل که همیشه بیشتر به هندوستان معطوف بوده، تداول کلمهٔ **قنات** با مقاومت روبرو شده‌است. این ضعفِ تأثیر ایران، با نبودن جاینام‌هایی با واژهٔ **قنات** در منطقهٔ بین فَراه‌رود (رک مدخل «فراه‌رود»، *ایرانیکا*[۲۹]) و رود هیرمند (رک مدخل «رود هیرمند»، *ایرانیکا*[۳۰])، مجسم شده‌است. دولتمردان افغانستان همچنان فعالانه از کاربرد اصطلاح **قنات**، به‌ویژه در نقشه‌های جانگاری (توپوگرافی) و اسناد مالی در استان غزنی در جنوب شرقی، حمایت می‌کنند. با این حال، کشاورزان منطقه فقط اصطلاح **کاریز** را به‌کار می‌برند.

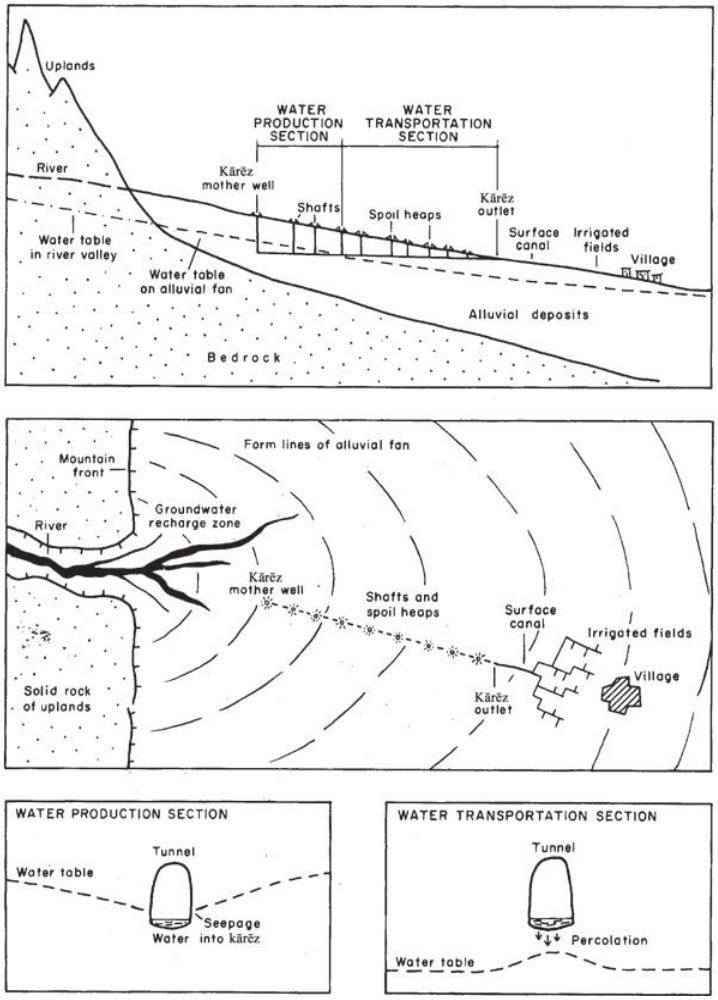
در ادبیات علمی بین‌المللی، اصطلاح **قنات** به‌طور گسترده غالب است، اگرچه برخی از نویسندگان مانند منصور سیدسجادی، ج. ب. کرِسی[۳۱] و یوهانِس هوملوم[۳۲]، از **کاریز** به‌تنهایی یا همزمان با **قنات** استفاده می‌کنند. نویسندگان فرانسوی‌زبان از قبیل کُرنه[۳۳]، ایوائو کوبوری[۳۴] و ژان بیسون[۳۵]، از اصطلاح **فُگَّره** برای [کاریزهای] صحرای آفریقا استفاده می‌کنند. نکته قابل توجه این است که نویسندگان فرانسوی‌زبانِ قدیمی‌تر مانند ریشار تومَن[۳۶] (زادهٔ ۱۸۹۷) و ژاک وُلِرس[۳۷] (۱۹۰۵-۱۹۴۶) **فُگَّره** را برای شامات سوریه به‌کار گرفتند، درحالی‌که توده مردم به‌هیچ‌عنوان از این اصطلاح استفاده نمی‌کردند.

---

20. bongbini (pl. bongbiniu) 21. ḵaṭṭāra (pl. ḵaṭāṭer) 22. Tabelbala
23. Daniel Baland 24. AFGHANISTAN, *Iranica* - Vol. I, Fasc. 5-6, pp. 486-566
25. HERAT, *Iranica* - Vol. XII, Fasc. 2, pp. 203-224 and Vol. XII, Fasc. 3, pp. 225-226
26. FARĀH: iranicaonline.org/articles/farah 27. ḠAZNĪ, *Iranica* - Vol. X, Fasc. 4, pp. 384-388
28. KABUL, *Iranica* - Vol. XV, Fasc. 3, pp. 280-318 29. FARĀHRŪD: iranicaonline.org/articles/farahrud
30. HELMAND RIVER, *Iranica* - Vol. XII, Fasc. 2, pp. 170-176 31. G. B. Cressey
32. Johannes Humlum 33. A. Cornet 34. Iwao Kobori
35. Jean Bisson 36. Richard Thoumin 37. Jacques Weulersse

۲) فناوری

۲-۱) شیب: فناوریِ کاریز از اختلاف سطح تونل و سفرهٔ آب زیرزمینی بهره می‌برد. سطح تونل شیب کمتری از سطح سفرهٔ آب دارد (تصویر ۱)؛ به‌طوری‌که تونل در ارتفاعی مشخصاً بالاتر از سطح آب پایان می‌یابد. هر تونل از دو بخش تشکیل شده‌است: یک منبع تغذیه یا زهکشی از بالادست برای گرفتن آب به سطح آب نفوذ می‌کند و یک قسمت الحاقی از پایین‌دست در بالای سطح سفرهٔ آب قرار دارد تا بتواند آب را به زمین مورد آبیاری منتقل کند. در ایران، میانگین شیب ممکن است حدود نیم درصد باشد (Goblot, 1979: 27)، اما در عمان، بین یک تا دو درصد است (Weisgerber, 71). این شیب‌ها ضمن جلوگیری از فرسایش تونل، با سرعتِ زیادِ جریان، باعث جاری شدن آب می‌شوند.

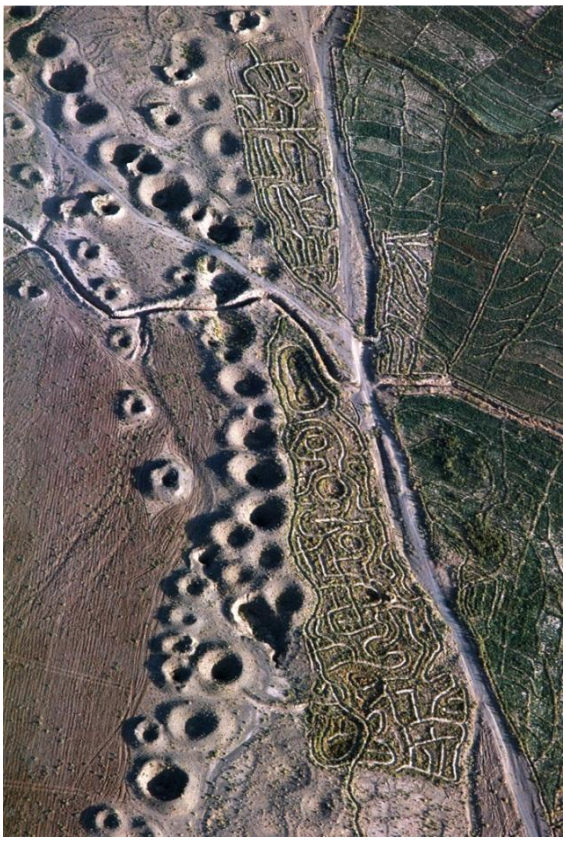


تصویر ۱) برش عرضی و نما از بالای کاریز
(مأخذ: Beaumont, 1989: 24, fig. 1)

۲-۲) طول: در چند موردِ ویژهٔ استثنایی، کانال‌ها بسیار طولانی هستند. حداکثر طول شناخته‌شده در منطقهٔ یزد، حدود ۵۰ کیلومتر (Beaumont, 1989: 23) و در گنابادِ خراسان (رک مدخل«گناباد»، *ایرانیکا*[۳۸])، حدود ۳۵ کیلومتر است (Goblot, 1979: 35-36). اما اکثریتِ قریب به اتفاق کانال‌ها بسیار کوتاهتر هستند. در دههٔ ۱۹۶۰، پیتر بوماونت[۳۹] (1971: 42-44, fig. 3; 1989: 21, 23) بیش از ۲۰۰۰ کانال را در ۱۲ شبکه مختلف در ایران بررسی و محاسبه کرده است که ۳۶ درصد طول بین ۰٫۵ تا ۲ کیلومتر دارند، درحالی‌که فقط ۱۶ کانال -که کمتر از ۱ درصد است- طولانی‌تر از ۱۵ کیلومترند. به نظر می‌رسد در افغانستان، کانال‌ها هنوز کوتاه‌ترند. در یک گروه ۱۵۷کاریزی، طول متوسط کانال‌ها ۱٫۷ کیلومتر بود و فقط ۳ کانال با حداکثر ۵٫۳ کیلومتر طول، از ۴ کیلومتر فراتر رفته‌بودند. حداکثر طول شناخته‌شدهٔ کاریز افغان، از آنِ کانالی در ۲۰کیلومتری جنوب شرقی غزنی است (Balland, 1992b: 106).

38. GONĀBĀD, *Iranica* - Vol. XI, Fasc. 2, pp. 121-122
39. Peter Beaumont

۲-۳) میله‌چاه‌ها: کانال یک عنصر اساسیِ عملکرد کاریز است؛ اما میله‌چاه‌ها که تونل را به سطح وصل می‌کنند، تنها برای حفر تونل‌ها لازم هستند و هیچ نقشی در عملکرد واقعی کاریز ندارند. میله‌چاه‌ها در فواصل کم‌وبیش منظم چیده می‌شوند که به‌منظور تسهیل در برداشتن نخاله، نسبتاً نزدیک هستند. در ایران، متوسط فاصله ممکن است مضربی از ۲۰ تا ۳۰ متر باشد. نقشه‌کشان خوب سعی می‌کنند به‌منظور اطمینان از سودبخشی کار خود، تعداد آن‌ها را بیش از حد افزایش ندهند و میله‌چاه‌ها را با بیشترین فاصله ممکن بینشان، در برخی مواقع از ۵۰ تا ۱۰۰ متر حفر نمایند (Goblot, 1979: 36). همراستایی زنجیره میله‌چاه‌ها که دهانه‌های مدوّرشان با تپه‌های کوچکی از آوار مشخص شده و به‌ویژه برای ناظران هوایی کاملاً قابل مشاهده و یکی از دیدنی‌ترین و بارزترین ویژگی‌های چشم‌انداز ایرانند (تصاویر ۲ و ۳).



نمای هوایی زنجیره دهانه‌های مدوّر میله‌چاه‌ها که برای کندن آبراه‌های زیرزمینی به‌کار می‌روند
تصویر ۲) استان فارس، ۲۸ فروردین ۱۳۵۵ تصویر ۳) دشت بیشاپور، استان فارس، ۴ مهر ۱۳۵۶
(عکاس: گئورگ گِرستِر، مأخذ: مریم زاکس)

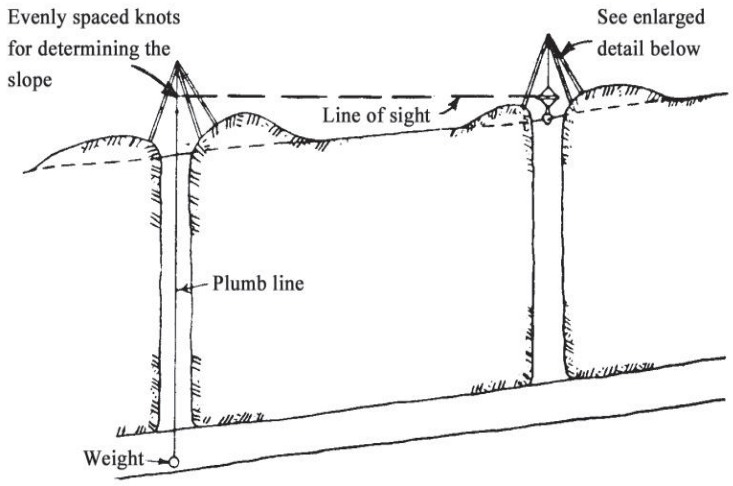
در اکثر موارد، میله‌چاه از عمق ۵۰متری فروتر نمی‌رود (Beaumont, 1989:23). در منطقه تهران، میله‌چاه‌ها به عمق ۱۵۰ متر حفر شده‌اند و در یک مورد استثنایی در گناباد در خراسان، یک میله‌چاه دارای عمق ۳۰۰ متر است که با یک سیستم سه‌میله به‌دست آمده و تقریباً در امتداد همان خط عمودی قرارگرفته، اما با فرودهایی در فواصل حدود ۱۰۰ متر جدا می‌شود تا زمانی که به سفره آب برسد (Goblot, 1979:35-36).

۲-۴) ساختمان: کار روی کاریز (Goblot, 1979:30-36) با بررسی احتمال وجود یک سفره آب، روی شیب آغاز می‌شود. شاخص‌های مختلفی از یک صفحه آب وجود دارد که معمولاً در نزدیکی خروجی طبیعی آن یافت می‌شود. میله‌چاه اکتشافی (گَمانه؛ ر. ک. گُمانیدن: «فکر کردن ، باور کردن») تا حدی فرو برده می‌شود که امیدِ به آب رسیدن هست. هنگامی‌که میله‌چاه به سفره آب برخورد می‌کند، از گمانه به‌عنوان دهانه بالای کانال استفاده می‌شود و **مادرچاه** خوانده می‌شود. بلافاصله آب از طریق پایه و دو طرف میله‌چاه، شروع به نشت می‌کند اما کارگر وقت دارد که قبل از ریختن کف میله‌چاه، چند متر کانال آب را به‌سرعت حفر کند زیرا به‌طور کلی، نشت آب کند است. وقتی خاک برای ادامه کار در زیر زمین بیش از حد مرطوب شود، کارگر به سطح بازمی‌گردد. چند روز برای تثبیت سطح آب لازم و ادامه کار از مادرچاه غیرممکن است زیرا کانال را کاملاً آب می‌گیرد. خاکبرداری کانال از این رو پس از حفر مادرچاه، چند روز متوقف شده‌است و همیشه باید از محل پیشنهادی خروجی پایین‌دست ادامه یابد. تعیین محل خروجی، یک عنصر اساسی در روند ساخت است. محل قرارگیری آن متناسب با مناطقی که باید آبیاری شوند، مشخص می‌گردد، اما خروجی نیز باید روی یک خط تراز سازگار با جریان طبیعی آب در ارتفاع آن در پایین مادرچاه واقع شود. بنابراین بررسی دقیق ضروری است.

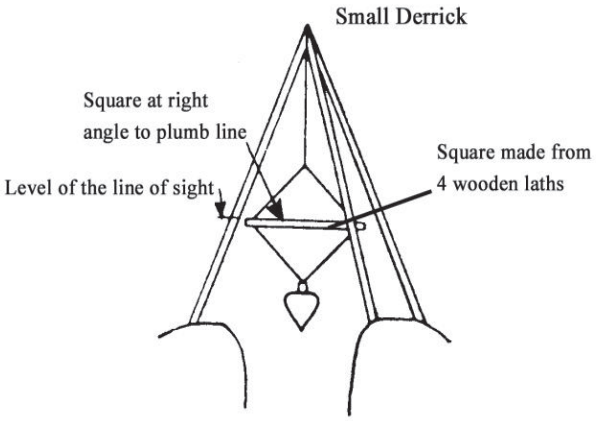
در قرون ۱۹ و ۲۰، روش‌های مدرنِ نقشه‌برداری متکی به یک سطح روان و مجهز به دوربین و میلهٔ نقشه‌برداری بود که توسط یک دستیار حمل می‌شد. روش‌های تجربی سنتی کمابیش پیچیده بودند و همچون مدت‌های مدید گذشته، در قرن بیستم نیز گاهی به‌کار بسته می‌شدند. در دهه ۵۰، آنتونی اسمیت (1957: 92-93) یک روش نقشه‌برداری سنتی را در منطقه کرمان مشاهده کرد. روند با اندازه‌گیری عمق مادرچاه با شاقول آغاز می‌شود. پس از آن، شاقول دوم به لبه مادرچاه وصل می‌شود درحالی‌که سرِ دیگر آن به یک چوب نگهدارنده (میخ چوبی) در دست دستیار که در جهت تقریبی کانال دور می‌شود، گره خورده‌است. وقتی ریسمان تقریباً در حالت کشیده است، میخ چوبی درزمین ثابت می‌شود. سپس تراز خیس می‌شود و اگر قطرات آب در هیچ جهتی حرکت نکنند، خط را افقی در نظر می‌گیرند. مرحله سوم علامت‌گذاری فاصله بین زمین و نقطه‌ای است که ریسمان با یک گره بر روی شاقول به مادرچاه وصل شده و از بالا شروع می‌شود. این سه مرحله تا رسیدن به انتهای ریسمان شاقول تکرار می‌شود. آخرین نقطه در شیب پایین‌دست، جایی که میخ چوبی ثابت شده در همان ارتفاعِ کفِ مادرچاه و همچنین تقریباً در همان سطح سفره آب قرار دارد.

روش کمی دقیق‌تر به‌کمک دستگاه مکانیکی، توسط باتلر[40] در اوایل دهه ۱۹۳۰ توصیف شد؛ اگرچه هانری گوبلو[41] (1979: 33) تأکید کرد که وی خود هرگز این وسیله را ندیده‌بود. به‌واسطه تجربه و مستقل از هرگونه عملیات ریاضی، مشخص شد که چهار گوشه یک مربع دارای زوایای درست هستند؛ یعنی چهار طرف عمود بر یکدیگر هستند. یک مربع از چهار تخته چوبی به همان طول ساخته و حلقه‌ها در چهار گوشه ثابت شده‌اند. برای تعیین قائم بودن، یک شاقول به یکی از گوشه‌ها متصل و برای علامت‌گذاری افقی، میله نسبتاً بلند از میان دو حلقه گوشه چپ و راست شاقول عبور داده می‌شود. سپس دستگاه با کمک یک جرثقیل کوچک، بالای دهانه میله‌چاه قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که می‌توان از میلهٔ نقشه‌برداری که توسط دستیار نگه داشته می‌شود، مشاهده را انجام داد (تصویر ۴).

40. M. A. Butler
41. Henri Goblot



تصویر ۴)
روش تعیین شیب کاریز
(مأخذ:
Goblot, 1979:
(p. 48, pl. 3



ایـن عملیـات آن‌قدر تکـرار می‌شود تـا مجموع نتایج انـدازه‌گیری‌های متـوالی بـا عمق میله‌چاه برابر شود. به‌منظور جلوگیری از اضافه شدن مجموع‌ها به هم، نتایج مشاهدات به شاقول منتقل می‌شود و عمق میله‌چاه را مانند روش قبل، به‌کمک گره اندازه‌گیری می‌کنند.

هنگامی‌که نقشه‌برداری نقطه شروع خاکبرداری کانال را مشخص کرد، مسیر آن روی سطح زمین تا مادرچاه رسم می‌شود. دهلیز روباز است و زمانی‌که به اختلاف سطح ۲ متر می‌رسد، تبدیل به یک تونل می‌شود. ضروری است تونل یک خط مستقیم مانند مسیری که در بالای زمین قرار دارد، طی کند. کارگر به‌روش سنتی، از لامپ روغنی استفاده می‌کند که از سقف آویزان شده تا اطمینان حاصل شود که در حال حفاری مستقیم است. در محل کار، لامپ سایه می‌اندازد که آن سایه باید به‌طور مداوم کاملاً روبروی تونل و در جبهه کار قرار گیرد. برای تسهیل بیشترِ ماندنِ کارگر درِ مسیر تعیین‌شدهٔ تونل، دو شاقول که میله‌ای به انتهایشان متصل است، در هر میله‌چاه آویخته می‌شود. جهت میله به موازات مسیر تونل مطابق با سطح زمین است. شیب توسط یک گونیای معلق به‌دست می‌آید که با شاقول به بالا وصل می‌شود؛ یک علامت افقی و دو علامت در هر طرف نشانگر حداکثر شیب مجاز را نشان می‌دهد. کارگر همین‌طور که پیش می‌رود، جویی حفر می‌کند که برای تخلیه آب در امتداد پایه تونل است. به‌منظور جلوگیری از ریختن تونل در اثر نفوذ آب، شیارها را

می‌توان با ملات حاوی آهک (شفته) اندود کرد. همه این کارها با ابزارهای کهنِ معدنچیان مانند کلنگ و چرخ ریسمان برای جابجایی نخاله، انجام می‌شود.

پس از اتمام کانال، در صورت امکان کارگران به‌دنبال افزایش خروجی آن هستند. یک روش، بزرگ کردن ناحیه‌ای است که نشت آب در بخشی از کانال تأمین‌کنندهٔ آن رخ می‌دهد، یا با گسترش آن در بالادست فراتر از مادرچاه یا حفر تونل‌های جانبی که به‌شکل تیغ ماهی به کانال اصلی می پیوندند، یا تجمیع در یک میله‌چاه واحد به شکل یک ستاره جمع می‌شوند (Goblot, 1979: 34-35). روش دیگر ساخت کانال دومی زیر کانال اول است، تا نشت آب از طریق نفوذ از کانال فوقانی، قابل برداشت شود. به‌نظر می‌رسد کاریز گناباد، که قبلاً ذکر شده، و مون، در نزدیکی اردستان (رک مدخل «اردستان»، *ایرانیکا*[۴۲]) ، به این روش طراحی شده‌است (رک: صفی‌نژاد، ۱۹۹۲: ۶۴-۶۵). در اکثر موارد، به احتمال زیاد کانال پایینی بعداً ساخته شده، زمانی‌که کاهش سطح آب باعث بی‌بهره ماندن کانال فوقانی شده‌است.

تونل‌ها به تعمیر و نگهداری بسیار دقیق احتیاج دارند؛ شامل مرمت کم‌وبیش مکرر دیوارها و سقف‌های متلاشی‌شده و لایروبی منافذ نشت آب از سفره آب که توسط رسوب مسدود شده‌اند. هنگامی‌که دیوارها بیش از حد افت کنند، توسط حلقه‌هایی از خشتِ پخته‌شده (کَوَل) به‌طور متوسط با ۱/۲ متر طول و ۰/۵ متر عرض و ۰/۲ متر، تقویت می‌شوند که می‌توانند با کلاف شدن به یکدیگر، یک پوشش پیوسته داشته‌باشند. (Goblot, 1979:35 and pls. 8 and 10 after p. 48).

۲-۵) کارگر کانال: فنّ ساخت کاریز، با وجود ویژگی اغلب ابتدایی، کاملاً پیچیده است. بنابراین، کارِ کسانی‌که کانال‌ها را می‌کَنند (کلمه مفرد عربی: **مُقَنّی**؛ «کسی که قنات می‌سازد») بسیار تخصصی و خطرناک است. این فن در ایران به کمال رسیده، اما در خارج از منطقه فرهنگی ایران، افغانستان، آسیای میانه و هند، عموماً اصلاح‌نشده و ناکامل است (Goblot, 1979 :36).

در ایران، کارگران کانال به‌صورت اصناف واقعی سازمان یافته‌اند. به‌منظور تسهیل در شکل‌گیری خدمه، کار تحت فرمان استادکاران باتجربه انجام می‌شود. کارگران کانال با هم در محله‌های خودشان زندگی می‌کنند- خواه در ییلاقات، خواه در روستاهای خودشان یا شهرهایی مانند تهران، یزد، نایین و کرمان (Goblot, 1979: 46; English, 1966: 136). کارگران کانال تقریباً تمام وقت خود را به مسؤولیت‌های اصلی خود در ساخت کاریز جدید و تعمیر کاریز فعال اختصاص می‌دهند. گاهی اوقات آن‌ها کمی باغبانی می‌کنند یا تخلیه چاه انجام می‌دهند. کار در چاه فاضلاب که تا ابداع اخیر فاضلاب‌های مدرن برای دفع ضایعات ضروری بود، مهارت‌هایی طلب می‌کند که مربوط به موارد لازم برای ساخت کاریز است. هر خانه قبلاً دارای یک چاه فاضلاب مخصوص خود بود که عموماً عمق متوسطی حدود ۳۰ متر داشتند. کارگران کانال همچنین چاه‌های پرشده را تخلیه می‌کردند و پس از گذشت سال‌ها، این پسماندها به‌عنوان کود به‌کار گرفته شد.

کار مقنیان سازمان سلسله‌مراتبی دارد، زیرا کارگران متخصص، مهارت‌های بسیار متفاوتی دارند و به پنج گروه مجزا تقسیم می‌شوند. بالای زمین، مهم‌ترین فرد، چرخ‌کش است (چرخ + کش از مصدرِ «کشیدن») که چرخ

42. ARDESTĀN, *Iranica* - Vol. II, Fasc. 4, pp. 385-387

ریسمان را به‌کار می‌اندازد و سطل خالی را به پایین میله‌چاه می‌فرستد. کارگری مسؤول خالی کردن سطل، وی را یاری می‌دهد. زیرِ زمین، کلنگ‌دار مسؤول است، زیرا او جهت و ابعاد کانال بعدی و گودبرداری توسط کلنگ و همچنین تمام محورهای تخلیه را تعیین می‌کند. دو کارگر او را کمک می‌کنند، یکی که سطل را از نخاله پر می‌کند و دیگری که مرتباً آن را به چرخ منتقل می‌کند. دستمزد آن‌ها کاملاً سلسله‌مراتبی است و در قرن بیستم بیشتر و بیشتر تفاوت یافته‌است (صفی‌نژاد، ۱۹۹۲: ۶۰-۶۱). تعداد کارگران شاغل با توجه به بخش تغییر می‌کند. پنج کارگر کانال در بخش بالای قنات که کار پیچیده‌تر است، مشغول به کار هستند و تعداد این افراد در بخش پایین می‌تواند فقط به سه نفر محدود شود. تا ۱۰ نفر همزمان در یک کارگاه کار می‌کنند تا ظرف مدت یک تا دو سال، ساخت را به اتمام برسانند که عموماً بازه زمانی معقولی به‌شمار می‌آید. به نظر می‌رسد کاریزی در ری استثنا بوده‌باشد که در آن یک گروه تک‌نفره برای ساخت کانال ۶کیلومتری به ۱۰ سال زمان نیاز داشت (همان، ۶۲).

در افغانستان، افراد کمتری به‌عنوان مقنی پرورده می‌شوند و به‌نظر می‌رسد از نظر سلسله‌مراتبی، کمتر از ایران سازمان‌یافته باشند. کارکنان غالباً دور از خانه خود کار می‌کنند؛ در موارد خاص، چند صد کیلومتر بین خانه و کارگاه‌های آن‌ها فاصله است. در دهه ۵۰م، کارگران کانال در کُویته[۴۳] و قَلات[۴۴]، پشتون‌های قبیلهٔ غَلزَی (رک مدخل «غیلزی»، *ایرانیکا*[۴۵])، اهل روستایی در حومهٔ قندهار بودند (Goblot, 1979: 47, n. 6).

۳) زمینه‌های اقتصادی و اجتماعی

۳-۱) منبع آب: آب‌دهی کامل با متر مکعب بر ساعت (m^3/hr) اندازه‌گیری می‌شود و از کاریز تا کاریز متفاوت است زیرا بستگی به شرایط محلی تأمین آب سفره و طول کانال دارد. بوماونت (1989: 23) در مطالعه ۲۰۰۰ کانال در ایران، محاسبه کرده که آب‌دهی همیشه کمتر از ۳۰۰ متر مکعب در ساعت است. درحالی‌که دوسِوّمِ کانال‌ها کمتر از ۶۰ متر مکعب بر ساعت آب‌دهی می‌کنند، آب‌دهی ۴۵ درصد کانال‌ها کمتر از ۳۰ متر مربع بر ساعت است (Beaumont, 1971: 47). این جریان آب امکان آبیاری ۱۰-۲۰ هکتار زمین را فراهم می‌کند. در ایران، میانگین آب‌دهی ۵۴ متر مکعب بر ساعت محاسبه شده و بیشترین میزان شناخته‌شدهٔ آب‌دهی را کاریزی در شاهرود با حدود ۳۲۰۰ متر مکعب بر ساعت بازدهی، انجام می‌دهد (Goblot, 1979: 41). بهره‌وری یک کانال باید علاوه بر آب‌دهی کامل آن، در رابطه با منابع آبی منطقه ارزیابی شود. **آب‌دهی ویژهٔ** کانال، مقدار لیترِ آب در هر ثانیه در هر کیلومتر را اندازه‌گیری می‌کند (l/sec/km؛ قس: Balland, 1992b: 106). در ایران، میزان تخلیه خاص حدود ۳ لیتر بر ثانیه بر کیلومتر است؛ اما میانگین آن در افغانستان، حدود ۸ لیتر بر ثانیه بر کیلومتر. به‌نظر می‌رسد کارآیی ویژه کاریز افغانستان، نشانگر آن باشد کانال‌های افغانستان عموماً کوتاهترند (نک: بخش ۲)، درحالی‌که منطقه تأمین آب وسیع‌تر است. در تمام مناطق دیگر، از تُرفان تا صحرا[۴۶]، آب‌دهی ویژه در محدودهٔ پایین‌ترِ ۲-۳ لیتر بر ثانیه بر کیلومتر باقی مانده‌است (Balland, 1992b: 107, fig. 4).

اهمیت عمده کاریز در آب‌دهی مداوم آن در طول سال نهفته است. در مقابل، سیستم‌های آبیاریِ متکی به

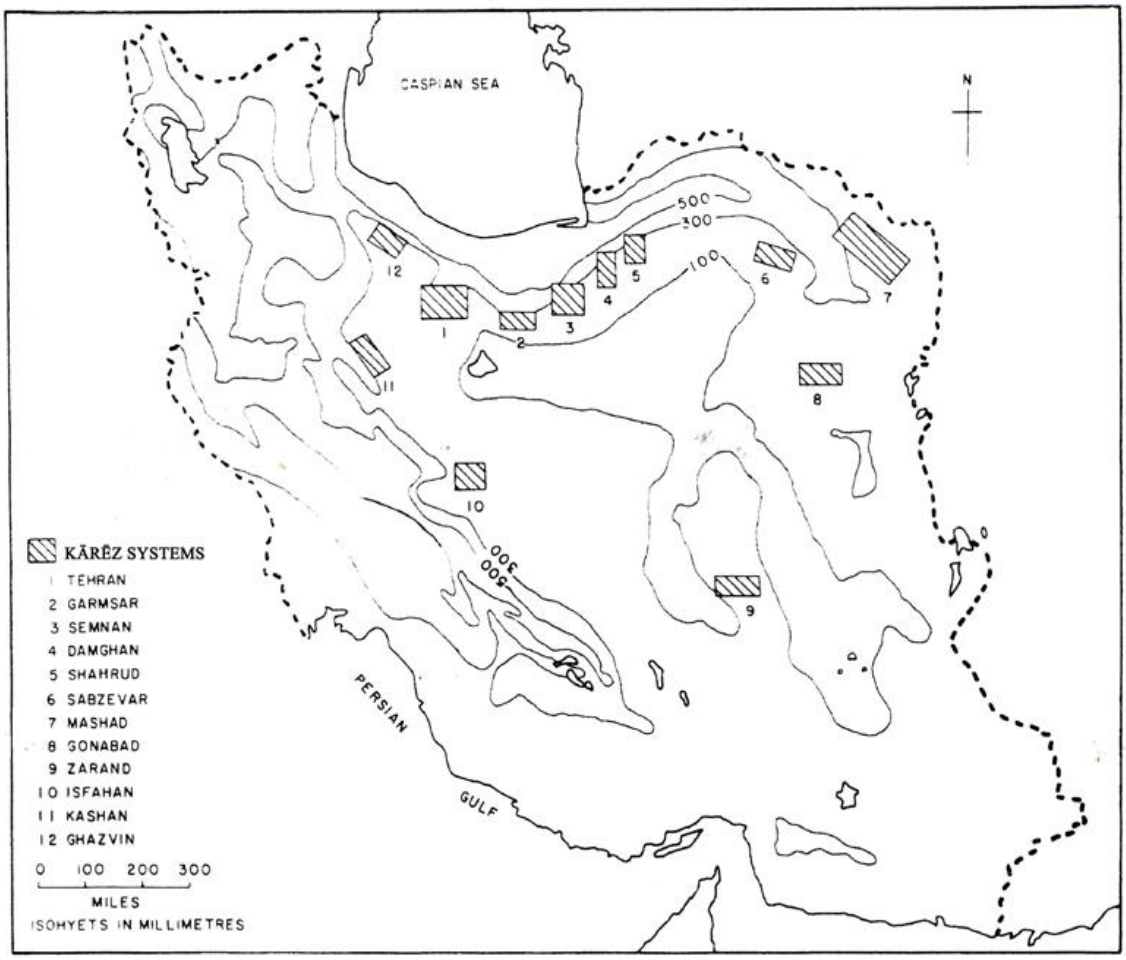
۴۳) شهری در بلوچستان پاکستان (Quetta).
۴۴) شهری در نزدیکی غزنی در افغانستان (Qalāt).
۴۵. GILZĪ, *Iranica* - Vol. X, Fasc. 6, pp. 670-672
۴۶) صحرای بزرگ آفریقا (Sahara).

جاری شدن آب‌های سطحی می‌توانند در فصول خشک سال، آب‌دهی را به‌طور کامل متوقف کنند. با این حال، آب‌دهی مداوم نیاز به ثبات در آب‌دهی دارد. تغییرات قابل توجه فصلی در آب‌دهی سفره‌های زیرزمینی مشاهده می‌شود؛ اگرچه این تغییرات بسیار کمتر از رودخانه‌ها هستند. در مطالعهٔ ۲۴ کاریز در منطقه مشهد در سال‌های ۶۵-۱۹۶۴، حداکثر آب‌دهی از اواسط بهمن تا اواسط خرداد رخ داده و کمترین میزان آب‌دهی در شهریور و آبان اندازه‌گیری شده‌است. همین پدیده در افغانستان نیز مشاهده شده‌است. مطالعه‌ای روی ۷ کاریز در منطقه کابل، متوسط کاهشِ آب‌دهی بین تیر و شهریور ۱۳۴۲ را ۲۹ درصد محاسبه کرد (Wagner: 108). این تغییرات اساساً از الگوی منظم دما -گرچه با کمی تأخیر زمانی- استفاده می‌کنند، زیرا گرما باعث افزایش تبخیر و بنابراین باعث کاهش موجودی آب در سفره آب می‌شود. اما تغییرات در میزان بارش و شرایط محلی آب‌های روان موجود نیز مهم است زیرا می‌تواند از سالی به سال دیگر، تفاوت‌های چشمگیری ایجاد کند (Beaumont,1971 ; Balland, 1992a: 103). عموماً تغییرات فصلی نشان‌دهندهٔ نفوذپذیری سنگ اطراف و ضخامت سفره آب است. کاریزی که از سفره آب کم‌عمق محلی با آبِ کم برداشت می‌کند که با مواد بسیار نفوذپذیر پوشیده شده، تغییر فصلی بیشتری نشان می‌دهد، و حتی ممکن است آب‌دهی‌اش موقتاً متوقف شود. اسلوبودان رادویِویچ[47] درباره افغانستان، هر دو نوعِ خشک شدن گهگاهی، مانند کاریز غلام‌خان در سِهگانه[48] در کَتَواز[49] (1978: 53)؛ و خشک شدن فصلی، مانند کاریز پل سنگی در حدود ۱۱کیلومتری شمال شرقی کابل (به مدت ۴-۶ ماه در سال) را توصیف کرده‌است (1978a,: 51). البته کشاورزان از این تغییرات آگاه هستند، زیرا آب‌دهی مداوم ارزش زمین‌های زراعی را افزایش می‌دهد (Taraki, 622). در نتیجه، بین کاریز با آب‌دهی ثابت (فارسی: غرقاب، آبغَری، نک: McLachlan, 77؛ پشتو: کاریز پاخه[50] در افغانستان، نک: Balland, 1992a: 103, n. 5) و کاریزی که آب‌دهی آن بسته به بارش باران، در نوسان است (فارسی: هوابین، پشت‌آب در ایران؛ پشتو: کاریز وَهری[51] در افغانستان؛ نک: Balland, 1992a: 103, n. 6) تمایز قائل می‌شوند. در جنوب افغانستان، مک‌کلایموندز[52] تأثیر خشکسالی شدید ۱۹۷۰ و ۱۹۷۱ را مورد مطالعه قرار داد (Balland, 1992a: 105). در منطقه کَجَکی، میانگین آب‌دهی ۷۳ کاریز در مقایسه با ۱۹۵۰، سالی که اندازه‌گیری‌های آن در دسترس بود، ۶۰ درصد کاهش یافته‌بود. با این وجود، به‌دلیل کارهای بهسازی یا تعمیر، ۹ کاریز افزایش آب‌دهیِ به طور متوسط ۶ درصد داشتند، درحالی‌که در ۳ کاریز آب‌دهی بدون تغییر مانده‌بود. اما در ۶۱ کاریز دیگر میزان آب‌دهی به طور متوسط ۷۲ درصد کاهش یافته و حتی ۴ کانال کاملاً خشک شده‌بود، به‌طوری‌که روستاهای وابسته متروک شده‌بودند. تعداد کاریزهای تأمین‌کننده بیش از ۵۰ لیتر بر ثانیه از ۱۵ به ۱ کاهش یافته‌بود. از آنجا که در سال ۱۹۷۱ اندازه‌گیری کاهش بارندگی در نزدیک‌ترین ایستگاه‌های هواشناسی لشکرگاه و قندهار ۴۷ و ۷۰ درصد بود، می‌توان بهره‌برداری بیش از حد از سفره آب را رد کرد و این سقوط را باید به وضعیت اسفبار باران در ۱۹۷۰ و ۱۹۷۱ نسبت داد.

سرانجام اینکه بسیاری از کاریزها خشک می‌شوند زیرا سفره آب آنها بیش از حد مورد استفاده قرار می‌گیرد. چنین تغییرات درازمدتی بدون تغییر بنیادی در نگرش انسان غیر قابل برگشت است. به‌عنوان مثال، تکثیر نادرست کانال‌ها باعث کاهش سفره آب و در نتیجه، افت دائمی سطح آب می‌شود.

47. S. Radojivic
48. Sehgāna
49. Katawāz
50. kārēz pāḵə
51. kārēz wahri
52. N. E. McClymonds

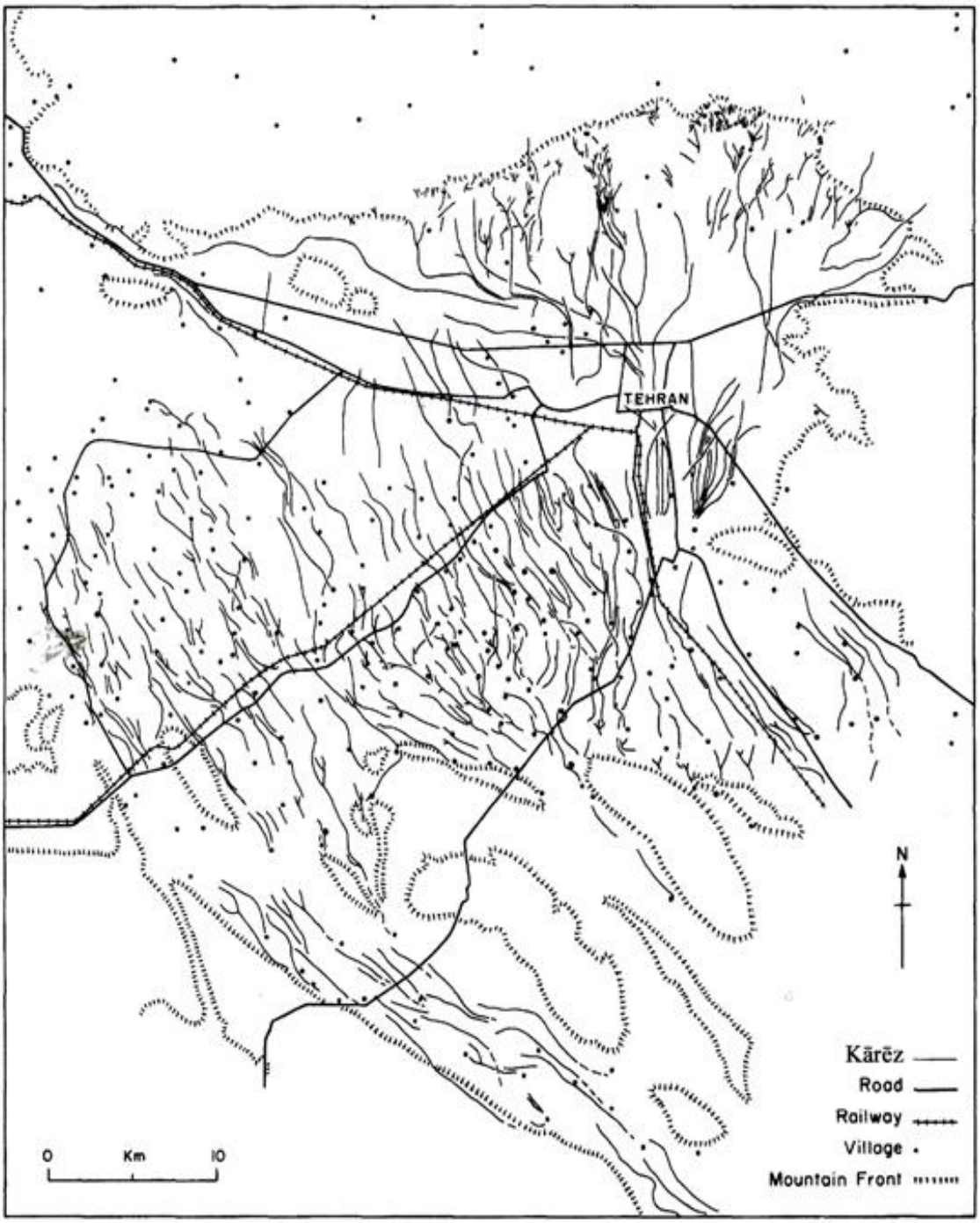
۳-۲) مشخصات جغرافیایی: محل‌های برتر برای ساخت کاریز جاهایی هستند که سفره‌هایی با آب کافی و منظم دارند و زیرِ زمین‌های کوهستانی با آب فراوان قرار گرفته‌اند، جایی که کانال‌ها می‌توانند در دشت‌هایی با خاک خوبِ کشت‌پذیر، ظاهر شوند. بنابراین به‌نظر می‌رسد مناطق کوهپایه بهترین باشند، خصوصاً از آنجا که طبیعتِ مواد سطحی (رگولیت[۵۳]) عموماً برای نفوذ آب مطلوب است. در این مناطق، به‌ویژه مخروط‌های آبرفتی مناسب هستند، زیرا نه‌تنها از آب‌های روان در دامنه‌های اصلی بلکه از زهکشی حوضه‌های رودخانه‌ای واقع در فـواصل مختلف درون کوه‌ها سیراب می‌شوند (Goblot, 1979: 28-29). کاریز در شبـکه‌هایی ساخته می‌شود که در آن‌ها حوضه‌های رودخانه‌ای پرشماری باشند. در فلات ایران، مناطق بی‌شماری وجود دارد که این شرایط را به‌خوبی تحقق می‌بخشند، و کاریـزها برای توسعه ایـران، حیاتی بوده‌اند. در سرزمین‌های ایرانی که بیشترِ کاریزها گروه‌بندی شبکه‌ای دارند (تصویر ۵؛ Beaumont, 1971: 41-42)، میزان بارندگی سالانه عموماً از ۱۰۰- ۲۰۰ میلی‌متر تجاوز نمی‌کند، به‌طوری‌که این مناطق برای کشت آبی نامناسبند.



تصویر ۵) سیستم‌های کاریز در ایران (مأخذ: Beaumont, 1971: 41, fig. 2)

تهران در پای کوه‌های البرز (رک مدخل «البرز»، *ایرانیکا*[۵۴])، جایی فوق‌العاده مناسب است؛ ردیفی از کوهپایه‌های همگرای پوشیده از خاک فرسایشی پلیوسن[۵۵]، در پای کوهی با ارتفاع بیش از ۴۰۰۰ متر (تصویر ۶).

53. regolith 54. ALBORZ, *Iranica* - Vol. I, Fasc. 8, pp. 810-821 55. Pliocene

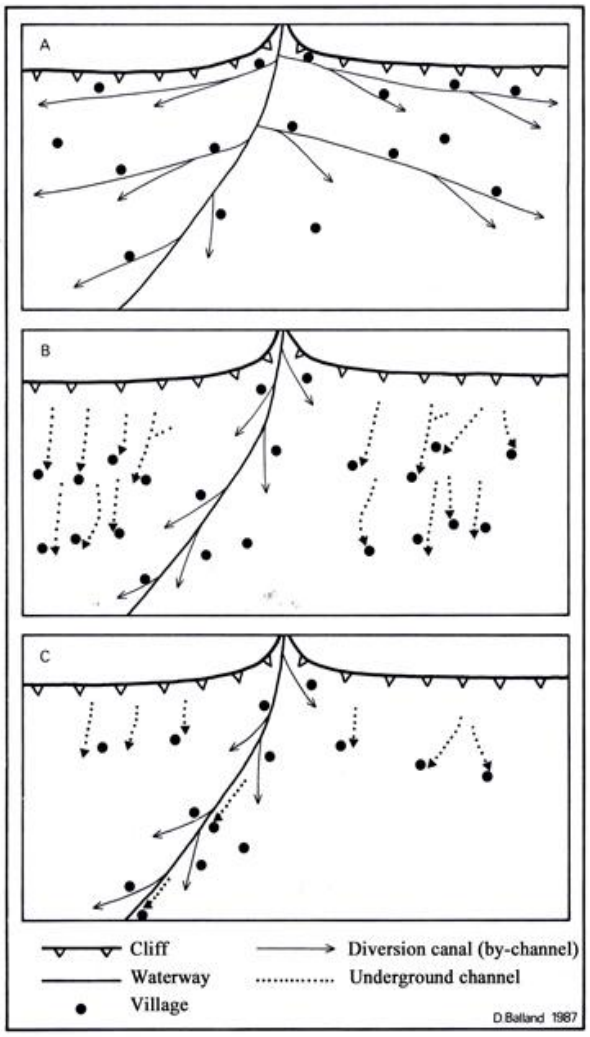


تصویر ۶) سیستم‌های کاریز نزدیک تهران (مأخذ: Beaumont, 1973: 27, fig. 6)

شبکه کاریز بسیار متراکم دیگری را می‌توان در دشت ورامین یافت (Beaumont, 1971: 42).

اما در کوهپایه‌های نیمه‌خشک که کاریزها برایشان مناسبند، کانال‌های آب زیرزمینی تمامی مناطق را پوشش نمی‌دهند، تا آنجا که کانال‌های انحرافی با شروع از دامنه‌های کوهستان، ابزاری مؤثر در بهره‌برداری کم‌وبیش دائمی آب برای آبیاری هستند (تصویر ۷). برخلاف کاریزها که در مناطق وسیعِ بین رودخانه‌ها و نهرها گسترده‌اند، این کانال‌ها ممکن است در نوارهای باریکی از زمین‌های کنار رودخانه‌ها و نهرها یافت شوند (تصویر

۷B)؛ مانند جنوب افغانستان، در انتهای شرقی منطقه زمینداوَر در امتداد رودخانه و شاخه‌های آن (Balland, 1992b: 110). منطقه کَجَکی حدود ۲۰۰ میلی‌متر بارش سالانه دارد و آبیاری رودخانه‌ای آن به‌شدت محدود به جلگه آبرفتی بسیار باریک رودخانه هیرمند است. شیب آبرفتی گسترده‌ای که بالای آن، ده‌ها متر آن‌سوتر در ساحل سمت راست صعود می‌کند، دارای شبکه متراکمی با حدود ۸۰ کاریز در دو گروه لایه‌دار است؛ به‌طوری‌که کاریزهای فراوان‌تری در سمت بالادست قرار گرفته‌اند درحالی‌که پایین‌تر، کاریزهای کم‌بهره‌تر آبِ ازدست‌رفته از طریق تراوش را بازیابی می‌کنند. در مقیاس منطقه‌ای، در کل زمینداور، سطح آبیاری‌شده توسط کاریز (۳۰,۰۰۰ هکتار) به‌طور قابل توجهی بیش از سطح واحه‌های رودخانه‌ای (۱۷,۵۰۰ هکتار) است.



تصویر ۷) انواع مهندسی هیدرولیک در دشت‌های کوهپایه‌ای افغانستان (مأخذ: Balland, 1992a: 111, fig. 5)

A) نوع شمالی یا بلخی: سیستم کانال‌های انحرافی

B) نوع جنوبی: جداسازی کانال‌های انحرافی و کاریز

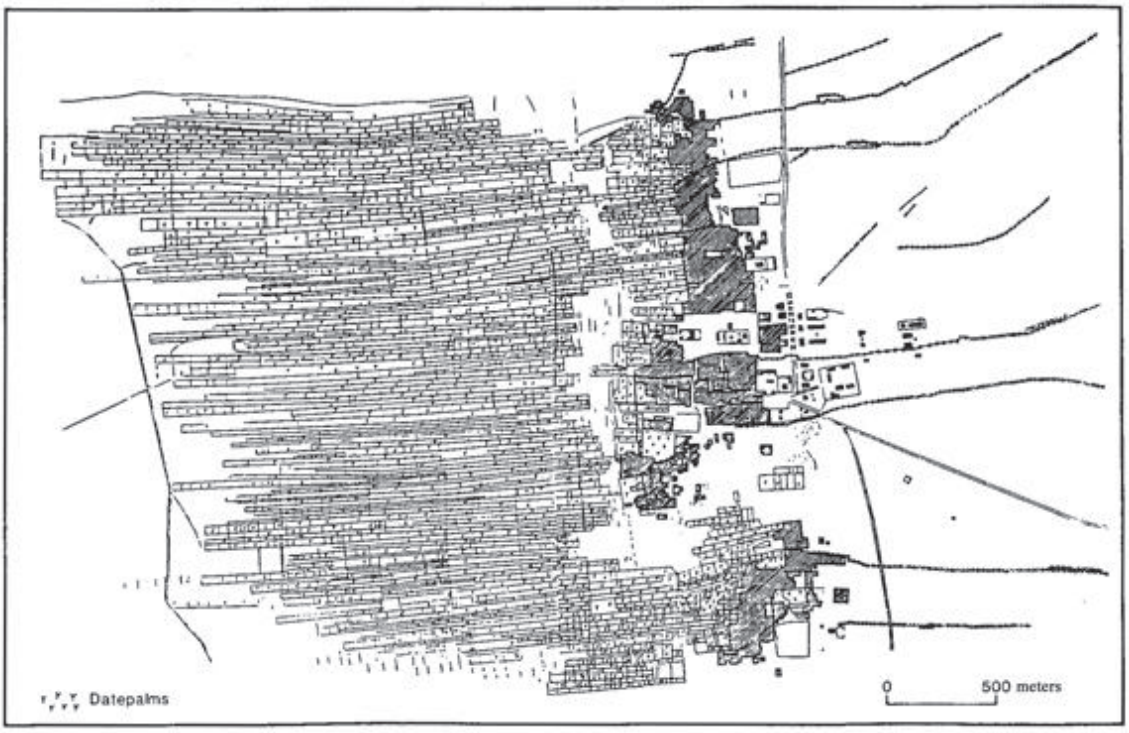
C) نوع شرقی: هم‌آمیزی کانال‌های انحرافی و کاریز

در واحه‌های بزرگ، جایگیری بر اساس تقابل مرکز و حاشیه است که فقط در جزئیات با نمونه قبلی تفاوت دارد. کاریز در حاشیه‌هایی واقع شده که از هر دو جهت واحه، بالادست و سرازیری، گسترش می‌یابد، به‌گونه‌ای‌که می‌توان دشت‌های مرتفع دور از دسترس کانال‌های انحرافی رودخانه را کشت کرد و آب ازدست‌رفته از طریق نشت را گرفت. این کانال‌ها، به‌دلیل برداشت بیش از حدِ کاربران، فرسوده شده‌اند. این روش در کل فلات ایران، از کوهپایه‌های تهران (Beaumont, 1968: 173; 1974: 422) تا کابلستان (Gentelle, 1977: 251) گسترده است. همچنین، در جنوب شرقی افغانستان نیز یافت می‌شود؛ مانند حوضهٔ خوست، پای یکی از شاخه‌های شرقی کوه‌های سلیمان (Wald, 1969: 29) و کوهپایهٔ شرقی هَزاره‌جات (رک مدخل «هَزاره، جغرافیای تاریخی هَزاره‌جات»، *ایرانیکا*[۵۶]) بین قَلات و غزنی در امتداد دره‌های بزرگ طولی غزنی‌رود و تَرنَک، حدود ۱۰۰۰ کاریز (یک‌ششم تعداد کل کاریزها در سراسر خاک افغانستان) حدود ۱۶هزار هکتار را آبیاری می‌کند؛ در مقابلِ ۶۰هزار هکتار آبیاری توسط کانال‌های انحرافی در همان منطقه (Balland, 1992b: 112).

56. HAZĀRA i. Historical geography of Hazārajāt, *Iranica* - Vol. XII, Fasc. 1, pp. 77-81

الگویی نادرتر از هم‌آمیزی یا همپوشانی کانال‌های انحرافی و کاریز پدید آمده و عموماً برای واحه‌های بزرگ در نظر گرفته شده‌است. این الگو نمایانگر تحولی باستانی است (Neely, 1974: 28). همان‌طور که از دوره ساسانی (۲۲۴-۶۵۰م؛ رک مدخل «سلسله ساسانی»، *ایرانیکا*[۵۷]) گزارش شده‌است. کاریز درون شبکه کانال‌های انحرافی در مرکز سایت قرار می‌گیرد و این کاریزهای داخلی همیشه موازی با نزدیک‌ترین خط بستر رودخانه هستند و جریان زیرزمینی را که از نشت آب‌های رودخانهٔ بالادست آب می‌گیرد، برداشت می‌کنند. نمونه‌هایی را می‌توان در جنوب قندهار (Balland, 1992b, figs. 4B & 5) و نیز در طول دره تَرنَک (Balland, 1992b: 110-12) یافت.

تکثیر کاریزها در سایت‌های کوهپایه‌ای تأثیر عمیقی بر چشم‌انداز روستایی فلات ایران داشته، زیرا هم الگوی کشاورزی و هم الگوی سکونت را شکل داده‌اند. حضور آنها منجر به تقسیم کلی اراضی در زیر خروجی‌های کانال به‌صورت نوارهای طولانی به‌موازات جهت جریان آب شده (تصویر ۸) که مشخصاً از تقسیم چندضلعیِ بسیار نامنظم‌تر مزارع آبیاری‌شده توسط کانال‌های انحرافی، متمایز است (Bonine, 1989).



تصویر ۸) نوارهای باریک مزارع نخل خرما، آبیاری‌شده با کاریز؛ تیدیکلِت، الجزایر (مأخذ: Kobori, 1976: 44-45, fig. 1)

این روند کلی در تقسیم زمین اغلب در جهت‌گیری جاده‌های روستایی و حتی در چیدمان جاده‌ها در روستاها قابل مشاهده است (Roaf, 1989).

۳-۳) پیامدهای اجتماعی: از آنجاکه هزینه ساخت این امکانات پیچیده همیشه بسیار بالاست، کاریز پیامدهای مهمی برای جامعه روستایی دارد. از آن رو که سرمایه‌های قابل توجهی برای حفاری کانال زیرزمینی لازم است، معمولاً فقط صاحبان زمین‌های بزرگ، بازرگانان ثروتمند، فرمانداران و سایر افراد قدرتمند قادر به انجام سرمایه‌گذاری‌های قابل توجه بـرای ساخت آن هستند. هیچ نمونه‌ای از کاریز وجـود ندارد که توسط گروهی از

57. SASANIAN DYNASTY: iranicaonline.org/articles/sasanian-dynasty

کشاورزانِ خُرد ساخته شده‌باشد. برعکس، به‌نظر می‌رسد این روش آبیاری، حداقل در زمان پیدایش، با زمینداری کلان مرتبط بوده‌باشد که به‌طور سنتی بر جامعه فلات ایران سیطره داشت (Lambton, 1953). در هر حال با گذشت زمان، شمار بسیاری از کاریزها به‌تدریج از طریق فرآیند وراثت تقسیم شده‌اند که تقسیم آب برای آبیاری بین ورثه را ادامه داده‌است. علاوه بر این، سهم آب می‌تواند اجاره داده شود و غالباً مستقل از مالکیت زمین به فروش می‌رسد. بسیاری از کاریزها وقف شده‌اند. در قرن بیستم، قبل و بعد از اصلاحات ارضیِ دهه ۱۹۶۰، تمایل فزاینده‌ای به‌سمت چنین روش توزیع و افزایش تعداد مالکان خُردِ سهمِ آب وجود داشته‌است (Bonine, 1989).

دو روش برای سهمیه‌بندی آب وجود دارد (صفی‌نژاد، ۱۹۸۰؛ ۱۹۹۲، ۶۵-۷۵)؛ اندازه‌گیری زمان و حجم (Planhol & Rognon: 119-20). در ایران، توزیع بر پایه حجم بسیار نادر و به‌ویژه محدود است به کوهپایه‌های تهران، و تقسیم بر اساس زمان، روشِ به‌مراتب رایج‌تری است. بر پایهٔ یک جدول زمانی خاص برای هر کاریز، کل جریان خروجی به‌نوبت در اختیار هر کاربر قرار می‌گیرد. زمان با ساعت آبی[۵۸] یا به‌ندرت توسط ساعت آفتابی، اندازه‌گیری می‌شود که مثلاً در دهه ۱۹۸۰، هنوز در منطقه بیابانک (رک مدخل «بیابانک»، *ایرانیکا*[۵۹]) در حال استفاده بود. این روش‌های سنتی به‌صورتی فزاینده کنار گذاشته می‌شوند و جای خود را به زمان‌سنجی با ساعت‌های باتری‌دار می‌دهند. یک مشکل مکرر برای کاربر، نوبت‌بندی دریافت روزانه و شبانه آب است، زیرا آبیاری شبانه هرچند خسته‌کننده برای کشاورز، اما به‌دلیل پایین بودن نرخ تبخیر، بسیار مؤثرتر است. سیستم‌های نوبت‌بندی گاهی بسیار پیچیده اند، زیرا هدف از سازماندهی آن‌ها، در نظر گرفتن مزیتی خاص به‌منظور جبران محرومیت کسانی است که دارای کوچکترین سهم‌ها هستند. بدین ترتیب، واحه‌های دارای کاریز جوامع کوچک واقعی وابسته به آب، تعریف‌شده با سلسله مراتب کاملی از مسؤولان کنترل (در ایران، عموماً روستاییان) هستند. هر کاریز تحت هدایت یک مدیر (رئیس) قرار می‌گیرد که تقریباً همیشه مهم‌ترین مالک سهم آب است و به نوبه خود، توزیع‌کننده آب (میراب) را تعیین می‌کند. منصب دوم در جامعه روستایی بسیار خواستار دارد و مورد توجه است و همواره پرداخت‌هایی به دارنده آن صورت می‌گیرد که معمولاً به‌شکل کالاها، محصول یا آب است، گرچه امروزه بیشتر این پرداخت‌ها به‌شکل پول انجام می‌شود.

۴) خاستگاه و انتشار

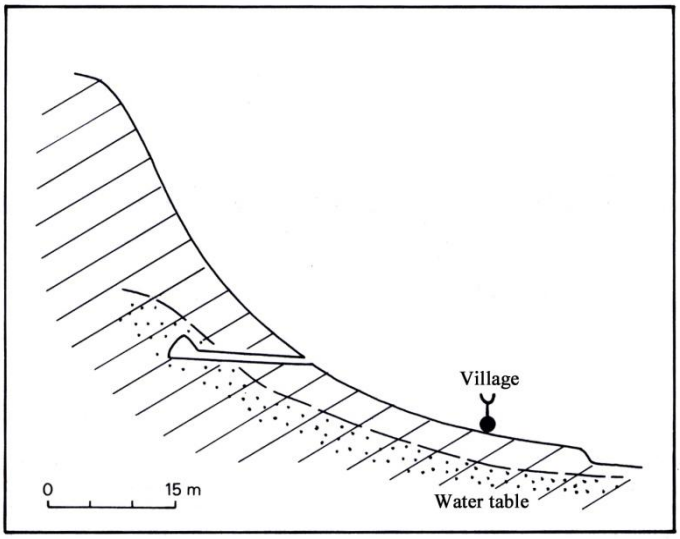
کجا، کِی و چگونه این فنّ بسیار پیچیده برای اولین بار ایجاد شد و مسیرها و مراحل انتشار آن چیست؟ به این سؤال‌ها هنوز به‌طور کامل پاسخ داده نشده، اما حداقل طرح‌های کلی کاملاً آشکار است. مانند هر نوع اختراعی، مشکل اساسی این است که تعیین کنیم آیا کاریز دارای یک منبع اولیه منحصربه‌فرد (تک‌تبار) بوده یا چندین مرکز مجزا (چندتبار). از آنجا که سردرگمی قابل توجهی در موردِ خود فن وجود دارد، لازم است پدیده مورد نظر دقیق‌تر بررسی گردد تا معنی آن روشن شود.

۴-۱) شبه کاریز: فنونِ بسیار ساده‌ترِ اظهار آب که شامل کانال‌های زیرزمینی هستند، باید به‌روشنی از کاریز متمایز شوند، اگرچه اغلب با هم دسته‌بندی می‌شوند.

58. clepsydra
59. BĪĀBĀNAK, *Iranica* - Vol. IV, Fasc. 2, p. 196

یک فنّ بسیار رایج، کانال فرعی در دره رودخانه است (Planhol and Rognon: 101-3; Goblot, 1979 : 53). کانال زیر جریان آب از سفره‌های کم‌عمق ایجادشده توسط نشت از جریان آب، اعم از متناوب یا مداوم، آب را برداشت می‌کند. این روش همیشه در معرض تغییرات قابل توجهی است زیرا بستگی به جریان سطح دارد. هنگامی‌که جریان آب متوقف می‌شود، سطح کانال پایین می‌آید، به‌طوری که وسوسه‌انگیز است که سعی کنید دوباره مسیر آب را پیدا کنید. وقتی شیب بستر مسیر آب قابل ملاحظه است، یک فضا برای تخلیه افقی به سمت پایین‌دست، باز و برای جمع‌آوری آب زیرین، استفاده می‌شود که می‌تواند در بالادست گسترش یابد و تا رسیدن به سفره آب، زیر سطح زمین فرو رود. به‌عنوان مثال، این فرایند در دره‌های هوقار[۶۰] در صحرای بزرگ آفریقا، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Capot-Rey, 328). در اسپانیا، چنین کانال‌هایی حداقل از قرون وسطی با نام عامیانهٔ **داربست**[۶۱] شناخته‌شده بوده‌است، گرچه اصطلاح علمی آن **«سرسرای صافی»**[۶۲] است (Bazzana)؛ درحالی‌که این کانال‌ها از دوران پیشاکُلُمبی[۶۳]، تا واحهٔ نازکا[۶۴] در جنوب پرو نیز مورد استفاده بوده‌اند (Kinzl, 1963; Goblot, 1979: 143-46). در مرکز ایران، در سفره آب آبرفتی، این نوع از برداشت آب (هوابین) بسیار متداول است (Boucharlat, 2001: 157؛ برای اصطلاح هوابین، نک: Bonine, 1982: 145). کانال‌های زیر جریان، می‌توانند به طول قابل توجهی برسند، اگرچه عمق میله‌چاه‌ها، همیشه بسیار کوتاه و عموماً حداکثر چند متر است. شمع‌ها بسیار ابتدایی هستند. هیچ‌گاه مادرچاه وجود ندارد و خاکبرداری، منحصراً از انتهای پایین‌دست کانال‌ها انجام می‌شود. مهم‌تر از همه اینکه این کانال‌ها فقط در کف دره رودخانه‌ها واقع شده‌اند که در آن، جریان آب کم‌وبیش پایدار است. از آنجا که برای ساخت این کانال‌ها، نیازی به کندن تا بستر نیست، این فن با روش کاریز بسیار متفاوت است. مطمئناً کانال زیرآبی، بسیار ساده‌تر و همه‌گیر، از زمان شکل‌گیری آبیاری از آب جاری، اختراعی مستقل تقریباً در همه جا بوده‌است.

در مقابل، کانال‌های زیرزمینی بسیار کوتاهی به‌طول حداکثر چند ده متر و بدون میله‌چاه برای حفاری، در مناطق کوهستانی یافت می‌شوند که در شیب‌های دره ظاهر می‌شوند (تصویر ۹).



تصویر ۹) نمای برشی از یک کانال زیرزمینی بسیار کوتاه هزاره‌جات، افغانستان (مأخذ: Balland & Brognetti, 124, fig. 1)

این کانال‌ها امکان دسترسی به آبخوان زیرزمینی را برای استفاده از آب آن برای آبیاری فراهم می‌کنند و عموماً دارای خروجی بسیار ضعیفِ چند لیتر بر ثانیه هستند. خارج از سرزمین‌های ایرانی، کانال‌های کوتاه

60. Hoggar (Ahaggar)
61. Cimbra
62. galería filtrante
64. Nazca
۶۳) دوران پیش از ورود کریستف کلمب به قاره آمریکا

زیرزمینی در تپه‌های یهودیه تحت نام‌های «تونل‌های بهاری» و «تونل‌های جریان بهاری» توصیف شده‌اند (Ron, 1985: 152-53; 1992). در جنوب شرقی هَزاره‌جات در مرکز افغانستان (Balland and Brognetti)، کانال‌ها در اصطلاح محلی، به‌عنوان کاریز شناخته می‌شوند، حتی اگر با ساختمان‌های پیچیده کاریز واقعی قابل مقایسه نباشند. در یهودیه، به‌نظر می‌رسد قدمت این تونل‌های بدوی حداقل به قرن ۹ و ۸ پیش از میلاد برسد؛ خیلی قبل از دوره حاکمیت ایرانیان، زمانی‌که کاریز واقعی به شام وارد شد (رک: بخش ۴-۳). اما در هزاره‌جات، جمعیت مردم مطمئناً متشکل از پناهندگانی از کوهپایه‌های همسایه بود که فنّ واقعی کاریز از مدت‌ها پیش در آنجا مورد استفاده قرار می‌گرفت و چنین تونل‌هایی می‌توانستند ناشی خاطرات آنان از این فن یا تقلید از آن باشند.

سرانجام اینکه کانال‌های کاملاً یا بخشی زیرزمینی وجود دارند؛ کانال‌هایی از هر نوع که حداقل از هزاره اول قبل از میلاد در مناطق مختلف خاور نزدیک و اطراف دریای مدیترانه، آب را از یک رودخانه یا چشمه به یک سکونتگاه منتقل می‌کنند. پیشنهاد شده که فنّ کاریز می‌تواند پیشروِ آنها بوده‌باشد (Grewe, 2003). اما این ما را به مشکل اساسی بازمی‌گرداند.

۴-۲) روش معدنکاری: از مدت‌ها پیش، خطایی در تلاش برای شناسایی تأمین آب مورد نیاز شهرک‌های انسانی و خانوارها، به‌عنوان اولین مرحله توسعه کاریز، در کلیه این مراحلِ کم‌وبیش زیرزمینیِ انتقال آب وجود داشته‌است (به‌ویژه Kouzine, 1956). بهتر است بین اختراع فنّ این قبیل کانال آب زیرزمینی و کاربرد آن در آبیاری کشاورزی، با دقت تمایز قائل شویم. جداسازی این دو به اعتبار گوبلو (1979: 23-28, 53-54) است که با قاطعیت نشان داد که این فن ابداع معدنچیانی است که پس از رسیدن به سفره آب، با مشکل گسترده تخلیه نخاله عملیات زیرزمینی خود مواجه می‌شدند. این ایده در واقع قبلاً توسط ر. ی. فوربِس[۶۵]، مورخ فناوری ارائه شده‌بود که خود را اکیداً به این منظر محدود کرد و به‌هیچ‌وجه پیامدهای جغرافیایی - تاریخی کشفش را توسعه نداد. این‌ها توسط گوبلو به‌صورت دقیق تنظیم و رمزگذاری شد. کانال‌های آب جزئی اساسی از عملیات معدنکاری (رک مدخل «معدنکاری در ایران»، *ایرانیکا*[۶۶]) هستند و گوبلو از اصطلاح ملموس «حفاری افقی» استفاده می‌کند که عنصر اساسی، کانال است و نه میله‌چاه‌ها که فقط برای تخلیه نخاله کاربرد دارند و عملکردشان ثانویه است، هرچند مشهودترین مؤلفه هستند. برای معدنچیان باستان، این ابتکار یک ضرورت بود. تا ظهور پمپ‌های مکانیکی در قرن ۱۸، کارگران معدن هیچ راه دیگری برای پایین بردن سطح آب در معادن نداشتند غیر از آنکه هر جا جانگاریِ بیرونی اجازه می‌داد و کانال‌های زهکشی به هوای آزاد برسانند و آب را با استفاده از نیروی جاذبه خارج کنند. این مشاهدات منجر به این نتیجه‌گیری منطقی می‌شود که اولین کانال‌های زیرزمینی آب توسط معدنچیان با هدف پاکسازی میله‌چاه از آب، درست قبل از شناسایی نقش احتمالی کانال‌ها در آبیاری، ساخته شده‌اند.

در نتیجه، به سؤال مربوط به قدمت این اختراع و موقعیت جغرافیایی‌اش عملاً پاسخی داده نمی‌شود. با توجه به ضرورت چشمگیر در تخلیه میله‌چاه‌ها، این اختراع باید به‌دنبال ایجاد نخستین تشکیلات معدنکاری عمیق در هزاره سوم پیش از میلاد، انجام شده‌باشد. به‌علاوه، از آنجا که آبگرفتگی معادن مشکلی عمومی در همه

65. R. J. Forbes
66. MINING IN IRAN: iranicaonline.org/articles/mining-in-iran

تمامی عملیات معدنکاری است، منطقی به‌نظر نمی‌رسد که این اختراع را برخاسته از یک مرکز منحصربه‌فرد بدانیم. در حقیقت، نمونه‌های متعددی از اختراع‌های تقریباً مستقل شناخته شده‌است. به‌عنوان مثال در شهر لیژ[۶۷]، آب مورد استفاده از قرن ۱۳ میلادی از معادن زغال سنگ تأمین می‌شد (Goblot, 1979: 183-85). در محدوده آلمان و چک در اروپای مرکزی، تاریخ کانال‌ها حداقل به قرن ۱۵ میلادی بازمی‌گردد، به‌ویژه در شهر زلب[۶۸] در کوه‌های فیشتل[۶۹] (Klaubert, 1966, 1967, 1973; Goblot, 1979: 185-87). این کانال‌ها و توزیع آن‌ها مطمئناً به ناحیه هارتس[۷۰] و کوه‌های اِرتس[۷۱] -مناطق مهم معدنکاری از قرون وسطی- متصلند و هنوز هم آب را به شهرها منتقل می‌کنند. متأخرتر در مارسی، اولین کانال زیرزمینی در سال ۱۸۱۴ حفر شد تا آب معادن زغال سنگ در پرُوانس را تخلیه کند (Goblot, 1979: 187-88). نوآوری مستقلی برای هر یک از این مثال‌ها کاملاً قابل اثبات نیست زیرا بایگانی‌های محلی وجود ندارند. اما به‌نظر می‌رسد تعدد و پراکندگی شدید این مناطق جغرافیایی، دال بر اختراع‌هایی مستقل در برابر انتقال این فن از مناطق دیگر باشد. در کشورهای دیگر، انتقال محتمل بوده‌است. از دوره اتروسکی (نک Goblot, 1979: 188-92؛ درباره کانال‌های انحرافی آب با نام cuniculi در ویا آپیا، به‌تاریخ ۳۱۲پم) کانال‌های آب زیرزمینی وجود داشت که آب را برای سکونتگاه‌های شهری یا املاک بزرگ روستایی تأمین می‌کردند، به‌ویژه ویلای گُلی - رومی در جهان‌های هلنیستی و رومی؛ و ارجاع به این‌ها مداوماً در گزارش‌های کاوش‌های باستان‌شناسی افزایش یافته‌است (Planhol, 1992; Kayser and Waringo; Kremer; Özis). این داده‌ها انتشار کانال‌های آبیاری در منطقه مدیترانه را همزمان با تونل‌های زیرزمینی ساده که فنّ آن از خاور نزدیک در ارتباط با اختراع‌های فلزکاری و معدنکاری برخاسته، مستند می‌کنند.

در مجموع، حتی اگر هنوز هم نتوان مکان دقیق یا حتی تاریخ تقریبی تعیین کرد، مسلم است که کانال‌های آب زیرزمینی در ابتدا در خاور نزدیک اختراع شده‌بودند. اما نباید هیچ اهمیتی به فرضیه آرچِرد[۷۲] و استَنگر[۷۳] مبنی بر اینکه کانال‌های زیرزمینی اواخر هزاره چهارم قبل از میلاد ظهور کرده‌اند، قائل شد. آرچِرد و استَنگر (J. Orchard and G. Stanger, 1994: 87; 1999: 96-103) هیچ دادهٔ محکمی ندارند و این فرضیه بر کمیِ دانش درباره پیشرفت تاریخی فنون آبیاری گواهی می‌کند (قس: Boucharlat, 2003: 168).

۴-۳) مصارف کشاورزی در اراضی ایران: استفاده از کانال‌های زیرزمینی آب برای کشاورزی و آبیاری از فلات ایران آغاز شد و انتشار آنها مستقیماً با فرهنگ و قدرت سیاسی ایران تحت سلطه هخامنشیان (حدود ۵۵۸-۳۳۰ پم؛ رک مدخل «سلسله هخامنشی»، *ایرانیکا*[۷۴]) ارتباط داشت. فرضیه‌هایی که گهگاه در مورد وجود مبادی مستقل در مصر یا سِنجان (شینجیانگ، سینکیانگ، ترکستان چین؛ رک مدخل «ترکستان چین»، *ایرانیکا*[۷۵]) مطرح می‌شوند، همان‌طور که با استدلال نظری ساده‌ای نشان داده می‌شود، قابلیت بررسی ندارند. در آغاز قرن ۲۱، بیش از ۸۰ درصدِ مصرف آب از طریق کاریز در سراسر جهان، در ایران و افغانستان رخ می‌داد (نک: بخش ۵). در مقام قیاس، کاریز در همهٔ سایت‌هایی در مناطق بیابانی بزرگ آفریقا و آسیا که از آن استفاده ، پراکنده، حاشیه‌ای و در مجموع، کم‌اهمیت به‌نظر می‌رسد. به‌علاوه، حضور گسترده کاریز در کوهپایه‌های خشک و نیمه‌خشک در ایـران و افغانستان فقط به این دلیل امکان‌پذیر بوده که فن آن به بالاترین درجه کمـال و تنوعِ

67. Liège
68. Selb
69. Fichtelgebirge
70. Harz
71. Erzgebirge
72 J. Orchard
73. G. Stanger
74. ACHAEMENID DYNASTY, *Iranica* - Vol. I, Fasc. 4, pp. 414-426
75. CHINESE TURKESTAN, *Iranica* - Vol. V, Fasc. 5, pp. 460-484

کاربرد در این دو کشور رسیده‌است. این نظر هماهنگ با قاعده کلی مردم‌نگاری است که باید محل مبدأ یک فن در منطقه‌ای جستجو شود که تراکم استفاده از آن فراوان است و پیشرفت‌هایش چند برابر شده‌است.

اما دقیقاً چه زمانی این چرخش بزرگ بین معادن و مناطق کشاورزی رخ داده‌است؟ به این سؤال نمی‌توان پاسخ بهتری نسبت به سؤال اختراع اولیه این فن داد. منابع تاریخ‌نویسی برای کاریز بسیار متأخرند و هیچیک تاریخی را که هرودوت به رودخانه کوریس (نک بخش ۱) نسبت داده، تأیید نمی‌کند. تاریخچه قرن ۱۸ عمان که در آن سرحان بن سعید اَزکوی ساخت‌وسازهای محلی **افلاج** را به سلیمان [پیامبر] نسبت داده، ادعا می‌کند در زمان داریوش (رک مدخل «داریوش»، *ایرانیکا*[۷۶]) از آن‌ها استفاده می‌شده، بسیار کم‌ارزش است (نک: Boucharlat, 2007: 163, n. 1). همچنین دیگر امروز امکان پذیرش فرضیه منشأ اورارتویی فنّ کاریز وجود ندارد. این ایده برای اولین بار توسط لِمان-هاوپت[۷۷] (1926, 111-14) پیشنهاد شد که به سراسر منطقه دریاچه وان سفر کرده‌بود. چند دهه بعد، لِسوئه[۷۸] سعی در پیشبرد این فرضیه داشت. وی تفسیری مشکوک از منبعی اکدی درباره هشتمین کارزار سارگُن دوم آشوری علیه اورارتو در سال ۷۱۴پ‌م، ارائه کرد و واژهٔ اکدیِ ḫirītu را به‌معنی کاریز گرفت. وی ادعاهای خود را بر اهمیت تأسیسات هیدرولیک باستانی شناخته‌شده در منطقه دریاچه وان و مهارت معدنکاری منتسب به اورارتوها پایه‌گذاری کرد که بدین ترتیب، ساختن کانال‌های تخلیه توسط آن‌ها باورپذیر به‌نظر می‌رسید. این فرضیه توسط گوبلو (1979: 62-63, 67-69) پذیرفته و متعاقباً به‌طور گسترده در ادبیات علمی منتشر شد. اما ماتئو سالوینی[۷۹] (149-50, figs. 4-6) با نشان دادن اینکه تأسیسات آبیِ توصیف‌شده توسط سارگُن تنها کانال‌های سطحی بوده‌اند، این ایده را با موفقیت تمام رد کرد. قدیمی‌ترین و غیرقابل‌بحث‌ترین اشاره به کاریز توسط پُلیبیوس (X.28) انجام شده‌است. او آشکارا کانال‌های آب زیرزمینی[۸۰] در کوهپایه جنوبی البرز در منطقه هکاتومپیلوس[۸۱] بین سمنان و دامغان (رک مدخل«دامغان»، *ایرانیکا*[۸۲]) را توصیف می‌کند، هرچند مطلبش خالی از خطا و حدس نیست (Briant, 2001a). دیگر نوشته‌ای در مورد حفاری کانال‌های آب زیرزمینی وجود ندارد تا قرن یازدهم میلادی که مورخ ایرانی، محمد بن الحسن الکرجی، رساله‌ای به‌زبان عربی در این زمینه به رشته تحریر درمی‌آورد.

داده‌های باستان‌شناختی کمک بیشتری نمی‌کنند. در حال حاضر هیچ مدرک باستان‌شناختی درباره ساخت کاریز در ایران و آسیای میانه قبل از دوره اسلامی وجود ندارد (Gentelle, 243; Kohl, 195; Christensen, 129; Boucharlat, 2001: 177-78). یافته‌ها از سفالینه‌های اشکانی یا ساسانی در کانال‌های زیرزمینی گناباد هنوز آن‌قدر خوب مستندسازی نشده که شواهد قابل قبولی ارائه دهد (لباف خانیکی؛ Boucharlat, 2001, 179). به‌علاوه، ادعاهای تأییدنشده درباره کاریز در ایران و آسیای میانه، همچنان در ادبیات علمی، دست به دست می‌شوند (به‌عنوان مثال: Biscione, 13; Lisitsyna; MacLachlan, 2000, 183؛ مک‌لاکلِن حتی برای این فن، ۷۰۰۰ سال پیشینه ادعا می‌کند!).

در حال حاضر، عمان به لطف نتایج کاوش‌های باستان‌شناسی اخیر (Boucharlat, 2001, pp. 159-72; 2003)، تنها

76. DARIUS, *Iranica* - Vol. VII, Fasc. 1, pp. 40-55
77. F. F. C. Lehmann-Haupt
78. J. Læssøe
79. Matteo Salvini
80. hyponomoi (یونانی)
81. Hekatompylos
82. DĀMḠĀN, *Iranica* - Vol. VI, Fasc. 6, pp. 632-638

کشوری است که این مسأله را مورد بررسی قرار داده‌است و سایت‌های مورد بررسی شواهدی فقط برای کانال‌های زیرزمینی مربوط به عصر آهن دوم (۱۱۰۰-۶۰۰پ‌م) ارائه می‌دهند (رک: بخش ۱). قدیمی‌ترین مدرک پذیرفته‌شدهٔ باستان‌شناختی درباره کاریز، در بیابان لیبیِ مصر یافت شده و قدمت آن به دوران تصرف ایرانیان بازمی‌گردد. در اوایل دهه ۱۹۷۰، احمد فخری[۸۳] (۱۹۷۴، ۳۴) به ذهنش رسید نقشه مقبره‌ای از سلسله بیست‌وششم (۶۶۴-۵۲۵پ‌م) در واحهٔ بحریه[۸۴]، ممکن است نشانگر ساخت اولیه آن در ارتباط با کانال آب زیرزمینیِ موجود پیش از آن باشد. در نتیجه، فخری تاریخ فنّ آبرسانی را یک دوره قبل از فتح مصر توسط کمبوجیه در سال ۵۲۵پ‌م پیشنهاد کرد، اما تأیید این تاریخ اولیه غیرممکن است زیرا مطالعه او پس از مرگ منتشر شده و متن جای مقبره را دقیقاً مشخص نمی‌کند. اگرچه تاریخ فخری توسط ایوائو کُبُری[۸۵] (1973, 60) و بلیس[۸۶] (1983, 130) پذیرفته شده ولی به احتمال زیاد، ناشی از خطا بوده و باید کنار گذاشته شود (Planhol, 1992, 135). با این حال، در عین مناویر در واحهٔ خارجه[۸۷]، باستان‌شناسان کانال‌های آب زیرزمینی زیادی را در صخره‌های موجود کاوش کرده‌اند. تاریخ این کانال‌ها بی‌گفتگو مربوط به سلسله بیست‌وهفتم ایرانی (۵۲۵-۴۰۴پ‌م) است و به‌نظر می‌رسد تکثیرشان پس از فتح کمبوجیه مستقیماً مرتبط با طرحی اصولی برای استقرار سریع کشاورزی بوده‌باشد (Wuttmann). تازگی کامل این روش آبرسانی در مصر تصدیق می‌کند که کاریز در زمان تأسیس شاهنشاهی هخامنشی، کاملاً در ایران جاافتاده بوده‌است. گسترش کشاورزی در فلات ایران تنها به این دلیل ممکن شد که کاریزها از ذخیره آب دائمی برخوردار بودند. کانال‌های آب زیرزمینی عنصر اساسی سیستم آبیاری کشاورزی بودند که هم امکان کشت دائم علوفه برای گله‌های بزرگ چارپایان و هم تأمین سواره‌نظام قدرتمندی را فراهم می‌آورد که پایه قدرت نظامی هخامنشیان بود (Planhol, 2006, 2010). هنوز غیرممکن است زمانی برای ظهور این نوآوری حیاتی در فلات ایران در نظر بگیریم: بلافاصله پس از ورود اقوام ایرانی یا حتی پیش از استقرار آنها در فلات ایران؟

در هر حال، انطباق گستره جغرافیایی اولیه فنّ کاریز بر نفوذ فرهنگی ایران که در استان‌های شاهنشاهی هخامنشی تماماً به نمایش درآمده، بحث‌ناپذیر است. مورد مصر اخیراً ذکر شد. در هلال حاصلخیز، کانال‌های آب زیرزمینی در سراسر سوریه، از رُها[۸۸] (اورفا، اِدِسا؛ رک مدخل «ادسا»، *ایرانیکا*[۸۹]) -که در آن از اصطلاح **کَهریز** استفاده می‌شود- و مناطق حلب تا جبل الدُروز، بی‌شمار است. عرف معرفی آن‌ها را از آنِ ایرانیان می‌شناسد و به‌نظر می‌رسد فراوانیشان به‌معنای انتقال سازمان‌یافته و عمدی این فن باشد تا انتشار پراکنده و ناشناخته آن (Goblot, 1979:127-32). در مقایسه با مصر، نزدیکی بیشتر جغرافیایی سوریه با فلات ایران چنین انتقالی را محتمل‌تر می‌کند. بیشتر به‌سمت جنوب، در فلسطین هم به‌نظر می‌رسد حضور کاریز در دوره استیلای ایران اثبات‌شده باشد (Ron, 1989: 219). اما تنها دو کانال زیرزمینی در آسیای صغیر، در نزدیکی قیصریه و آنکارا، شناخته شده‌است. هرچند کاریز واقع در آنکارا در محل، رومی (بیزانسی) توصیف می‌شود، به‌نظر می‌رسد استفاده از آن در دوره سلجوقی (۱۰۸۱-۱۳۰۷م) اثبات‌شده باشد (Goblot, 1979: 126-27). به نظر، سخت بتوان پذیرفت که متخصصان ایرانی در ساختن اولین کاریز آناتولی در اواخر قرن یازدهم میلادی، با اشغالگران

83. Ahmad Fakhry
84. Baḥariya
85. Iwao Kobori
86. F. Bliss
87. Karga
88. Urfa (Edessa)
89. EDESSA, *Iranica* - Vol. VIII, Fasc. 2, pp. 174-175

ترک همراه بوده‌باشند. معرفی این فن به آسیای صغیر (رک مدخل«آسیاس صغیر»، *ایرانیکا*[۹۰]) احتمالاً می‌تواند مربوط به دوره هخامنشیان، بین قرن‌های ۶ و ۴ قبل از میلاد باشد. تعداد اندک کاریز را می‌توان با استفاده طولانی‌مدت از سیستم کشاورزی دیم که بسیار کم به آبیاری نیاز دارد، توضیح داد. به‌علاوه، مرزی بزرگ و بسیار پایدار وجود داشت که مانع انتقال فنون بین منطقه ایرانی - ارمنی و فلات آناتولی می‌شد (Planhol, 1992: 136-37). اما این سؤال برای قبرس همچنان مطرح است. گوبلو (1979: 133-34) پیشنهاد کرد که احداث کانال‌های زیرزمینی این جزیره متعلق به اواخر قرن شانزدهم است. وی استدلال کرد این کانال‌ها تقلید عثمانی از کاریز در سرزمین‌های همسایه سوریه بوده زیرا در اسناد بی‌شمار از دوره‌های اولیه، به‌ویژه در منابع بیزانسی و صلیبی، ذکر نشده‌اند (Oberhummer, 1903: 226-34). اما استدلال گوبلو با سکوت، نارساست زیرا همچنان معرفی قبلی فنّ کاریز در دوره هخامنشی را رد نمی‌کند (Planhol, 1992: 137).

در نگاه به شبه‌جزیره عربستان، ویلکینسون[۹۱] (1977; 1983) عمان را تحلیل کرده که آنجا در پی یافتن روش‌ها، اثرها و سرمنشأ دو مرحله از شکل‌گیری کانال بود. اولین و مهم‌ترین مرحله، مربوط بود به دوره هخامنشی که کانال‌های زیرزمینی به‌طور گسترده در دامنه‌های غربی کوه‌ها گسترش یافت. مرحله دوم، در دوره ساسانی، عمدتاً به دشت ساحلی محدود می‌شد، اگرچه همراه با مکمل‌های فنی و حتی نوآوری‌هایی مانند کانال‌های سیمانی -این فنّی رومی است و ممکن است این کانال‌ها توسط رومیان اسیرشده در جنگ با شاپور دوم (سلطنت: ۳۰۹-۳۷۹م) (رک مدخل«شاپوردوم»، *ایرانیکا*[۹۲]) ساخته شده‌باشند- و مَنگُل(سیفون)های معکوس برای مسیریابی کانال‌ها، زیر رودخانه‌ها. اما تشخیص ویلکینسون بسیار نظریه‌پردازانه به‌نظر می‌رسد. درحالی‌که مطمئناً استفاده از کانال‌های زیرزمینی در عمان، به پایان هزاره دوم قبل از میلاد بازمی‌گردد. تاریخ معرفی فنّ اولیهٔ کاریز هنوز ناشناخته مانده‌است. اخیراً رِمی بوشارلا[۹۳] (2001: 180) گفته‌است که کاریز احتمالاً قبل از آغاز دوران مسیحی و حتی شاید تا اواخر دوره نخستین امامت اباضیان در قرن هشتم میلادی، معرفی نشده‌بوده‌است. با این وجود، طرف شرقی شبه‌جزیره عربستان مدت زیادی تحت نفوذ سیاسی ایران بود که منطقی به‌نظر می‌رسد فرض کنیم در قرن پنجم قبل از میلاد، هخامنشیان از فنّی استفاده کرده‌اند که قبلاً کاملاً در آن مهارت یافته‌بودند.

بر خلاف این پیش‌زمینه، استفاده از کانال‌های آب زیرزمینی در غرب و جنوب عربستان باید مورد توجه قرار گیرد (برای داده‌ها، اگرچه بدون بحثی جامع و نه خالی از آشفتگی ارائه شده، نک: Goblot, 1979: 105-8؛ قس Braun, 1974: 20-21). عموماً این کانال‌ها پدیده‌هایی بسیار نادرند، اگرچه با این وجود، در حجاز، یمن و حضرموت شناخته‌شده اند. در این مناطق، هجوم‌ها و فتوحات هخامنشی کوتاهتر از آن بود که امکان بررسی جدی برنامه هماهنگ‌شده برای اسکان و نفوذ عمدی فراهم شود. در نتیجه، اصطلاحات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌شوند زیرا معمولاً اصطلاحاتی برگرفته از واژه فارسی نوی **کاریز** (نک: بخش ۱) به کانال‌ها تخصیص می‌یابند. گوبلو حدس زد شاید در منطقه جده، یک متخصص ایرانی یا یک صنعتگر محلی که به‌تازگی به فلات ایران سفر کرده‌بوده، تکنیک کاریز را معرفی کرده‌باشد. اما این جزایر پراکنده از اصطلاحات فارسی در جنوب و غرب عربستان را در دل واژگان کاملاً متنوع و عمومی عربی برای آبرسانی، به‌هیچ‌وجه نمی‌توان در یک ترتیب زمانی

90. ASIA MINOR, *Iranica* - Vol. II, Fasc. 7, pp. 757-764
91. J. C. Wilkinson
92. ŠĀPUR II: iranicaonline.org/articles/shapur-ii
93. R. Boucharlat

چید. در این محیط عرب‌زبان، جزایر زبانی مطمئناً بر معرفی مستقیم فن توسط فارسی‌زبانان یا افرادی گواهی می‌دهند که از ایران آمده‌بودند. اما سرمنشأ کاریز در چه زمانی باید قرار گیرد؟ مسأله نفوذ فرهنگی احتمالی ایران در غرب عربستان در دوره هخامنشی، کاملاً ناشناخته مانده‌است و بازگشت به عقب تا این حد در نبودِ داده‌های اولیه، بی‌پروایی به‌نظر می‌رسد. با این وجود، چنین نفوذی در دوره اسلامی مشهود است و کتاب‌ها از ایجاد کانال‌های آب زیرزمینی در مکه در زمان هارون‌الرشید خبر می‌دهند (همان، ۷۸۶-۸۰۹؛ قس: Mez: 391-92). این تجهیزات به احتمال زیاد در زمینه همزیستی فنیِ عربی - ایرانی در دوره عباسی ساخته شده که تماس‌های فرهنگی بین ایران و حجاز به‌واسطه حج بیشتر شده‌بود و ساختارهای اجتماعیِ اشرافیِ مساعد برای ساخت کانال‌های آب زیرزمینی وجود داشت.

در افغانستان، جنوب شرقی فلات ایران، اختلافی بین مناطق شمالی و جنوبی سد کوهستانی بزرگ هندوکش (رک مدخل «هندوکش»، *ایرانیکا*[۹۴]) وجود دارد؛ کاریز در شمال بسیار نادر، اما در جنوب بسیار زیاد است. بالان (Balland 1992b؛ قس. گزارش‌های ناقص Jentsch و Goblot, 1979: 91-93) اولین کسی بود که بر اساس شواهد مطرح‌شده جدید، این وضعیت را به‌عنوان عدم تقارنی ریشه‌ای توضیح داد و امکان سیر قهقرایی را به‌ویژه در نتیجه تهاجم‌های ترک و مغول که باعث ویرانی مناطق کوهپایه‌ای بلخ شد، قاطعانه رد کرد. در شمال هندوکش، فن کانال‌های زیرزمینی تنها شکاف‌هایی در حومهٔ شهرها را پر می‌کرد که از هزاره سوم قبل از میلاد، به‌طور گسترده با استفاده از کانال‌هایی که آب رودخانه‌ها را منحرف می‌کردند، ایجاد شده‌بودند. درجنوب، زمین قبل از معرفی فنّ کاریز که امکان برداشت واقعی جریان‌های متناوب را فراهم می‌کرد و بسیار گسترش یافت، کم زیر کشت می‌رفت. این گسترش به‌وضوح باید به دورهٔ هخامنشی اختصاص یابد و از آن زمان دیگر پیشرفت نکرده‌است. حد فعلی کانال‌های زیرزمینی در بلوچستان پاکستان (Scholz, 1972; Goblot, 1979: 93-97، بی‌خبر از شولتس) در اصل هنوز نمایانگر دورترین مرز شاهنشاهی هخامنشی است. در نتیجهٔ استقرار و سیطرهٔ بلوچان در هزاره دوم میلادی، کاربرد فنّ کاریز به سیر قهقرایی و زوال گرایش یافته‌است، زیرا بلوچان منشأ عشایری و نیمه‌عشایری داشته و بدین دلیل، ناآشنا با این فن بوده‌اند؛ هنوز هم باید برای کاربرد آن، متخصص از افغانستان بیاورند.*

۴-۴) مصارف کشاورزی خارج از سرزمین‌های ایرانی: در این مقاله، با اینکه نمی‌توان انتشار فنّ کاریز برای استفاده در کشاورزی را فراتر از وسیع‌ترین گستره شاهنشاهی هخامنشی به‌دقت ردیابی کرد، طرح‌های گسترده‌ای برای روشن کردن مراحل نفوذ فرهنگی و سیاسی ایران تا حد امکان ارائه می‌شود (برای جزئیات بیشتر نک: Goblot, 1979 :113-25, 134-79).

در آفریقا، کانال‌های آب زیرزمینی در سراسر مغرب و قسمت شمالی صحرا از جمله فِزّان در لیبی شناخته‌شده است. از آنجا این فن، بسیار محدود به سیسیل (Goblot, 1979: 134) و گسترده‌تر به شبه‌جزیره ایبری که نمونه‌ای در آن تا ۴۲ درجهٔ عرض جغرافیایی شمالی در حوضهٔ اِبـرو[۹۵] گزارش شده (Humbert)، منتقل شد. اسپانیایی‌ها به‌نوبه خود این فن را به قاره آمریکا، مکزیک و شمال شیلی بردند. مانند کانال‌های زیرزمینی پیشاکلمبیِ نازکا در پرو، این‌ها فقط کانالهای زیرآبی بدوی هستند (Planhol and Rognon, 107; Braun: 27-28; Planhol, 1992: 133).

94. HINDU KUSH, *Iranica* - Vol. XII, Fasc. 3, pp. 312-315

95. Ebro

* به‌نظر می‌رسد اطلاعات نویسنده مقاله درباره کاریز در بلوچستان کامل نیست. فصلنامه *ایران‌شناسی* از دریافت اطلاعات بیشتر از همه آگاهان در این زمینه –به‌ویژه هم‌میهنان گرامی بلوچ- استقبال می‌کند. (سردبیر)

در سراسر غرب آفریقا، فراتر از مصر و واحه‌های بیابان لیبی در دوره اسلامی، تجدید چشمگیر نفوذ مشرقی و به‌ویژه ایرانی در زمان خلافت عباسی، آغازگر عصر طلایی پیشرفت بود. روایات بی‌شماری خبر از حفر کانال‌ها در واحه‌های صحرا توسط افرادی کم‌وبیش افسانه‌ای می‌دهند که در منابع به‌نام برمکیان (رک مدخل«برمکیان»، *ایرانیکا*[۹۶]) معرفی شده‌اند و شکی در ریشه ایرانی و عباسی آنان نیست. پدیده‌های بسیار پیچیده انتشار هنوز به‌درستی توضیح داده نشده‌اند، اما شامل سفرهای «تکنسین‌ها» یا «مهندسان» شاید با نفوذ معکوس از اندلس به آفریقا می‌شود (برای مورد بسیار پیچیدهٔ سرمنشأ کانال‌های مراکش در اواخر قرن یازدهم میلادی، نک Planhol, 1992: 190-92). اما وجود متقدم کانال‌های آب زیرزمینی از دوره رومی - بیزانسی، به‌ویژه در سراسر منطقه اطلس شمال شرقی، دشت‌های مرتفع کنستانتین[۹۷] و فزّان، به همان اندازه مورد تأیید باستان‌شناسی، نگارگری و منابع مکتوب است. این قشر فرهنگی متقدم‌تر شاید با فینیقیان، میانجیان مشرق‌زمین مرتبط بوده‌باشد (Planhol, 1992: 138-39). نفوذ آنان که از کارتاژ[۹۸] منبعث می‌شد، در جهان بربر به‌سمت غرب قابل توجه بود تا آنجا که شاید به توات[۹۹] هم می‌رسید (Echallier). از این رو، ایجاد کانال‌های آب زیرزمینی در فِزّان، احتمالاً باید به نیمه دوم هزاره اول قبل از میلاد برسد؛ هنگامی‌که رونق گارمانتِس[۱۰۰] بر کنترل مسیرهای تجاری تَراصحرایی پایه‌گذاری شده‌بود (Wilson, 223-24).

به‌سمت شرق، در فَرغانه (رک مدخل«فَرغانه»، *ایرانیکا*[۱۰۱]) و خوکَند (خوقَند، قوقُن)[۱۰۲] در فَرارودِ سُفلی که کانال‌های آب زیرزمینی نام‌های فارسی دارند (Goblot, 1979: 174-75)، اگرچه نفوذ فرهنگی ایران فراتر از تردید است معرفی فنّ کاریز را نمی‌توان تاریخ‌گذاری کرد. انتشار کانال‌های آب زیرزمینی در منطقه فرهنگی چین و خاور دور، همچنان مسأله‌ای اساسی می‌ماند که هنوز کاملاً حل نشده‌است (رک تحقیقات چینی در *PICKI*؛ قس Maillard, 9-12; Goblot, 175-79; Planhol, 1992: 133-34). کانال‌ها به تعداد قابل توجهی در کاشغَر، یارکَند (یَرقند)[۱۰۳] و خُتَن؛ واحه‌هایی در جنوب کویر تَکله‌مَکان، وجود دارند. در کاشغَر، تاریخ کاریز حداقل به قرن ۱۰ قبل از میلاد بازمی‌گردد (Huang, 18). همچنین فراتر از آن، کانال‌ها به‌ویژه در تُرفان و ۳۰۰ کیلومتر به‌سمت شرق در واحهٔ قومول (هامی)[۱۰۴] یافت می‌شوند. فنّ کاریز تا کره و ژاپن نیز نفوذ کرده‌است. در بخش‌های میه و گیفو[۱۰۵] در مرکز ژاپن، کانال‌های آب زیرزمینی در منطقه‌ای یافت می‌شوند که از آب‌های جاری نمی‌توان برای آبیاری مزارع برنج استفاده کرد. در مورد گیفو، جای شکی در ورود این فن از کره نیست (Okazaki). اصطلاح ژاپنی **مامبو** از زبان کره‌ایِ **مان‌نون‌پو**[۱۰۶] گرفته شده (همان، ۲۷۶) و ساخت کانال مربوط به آغاز قرن ۱۷میلادی است. درحالی‌که به‌نظر نمی‌رسد مسأله کاریز کره‌ای به‌طور کامل مورد بررسی قرار گرفته‌باشد، مشخص است که بخش جداشده ژاپنی منشأ چینی دارد. توضیح انتشار فنّ کاریز در چین بسیار دشوارتر است و بحثهای اخیر کنفرانس کاریز (*PICKI*) که در سال ۱۹۹۳ در اورومچی برگزار شد، پیچیده شده‌است.

در قرن نوزدهم میلادی، نخستین مسافران و ناظران غربی به اتفاق آرا گزارش دادند که بیشتر کانال‌های آب زیرزمینی در تُرفان، از ساخت‌وسازهای متأخر هستند. پس از استقرار حاکمیت چینی در سرتاسر سِنجان در

96. BARMAKIDS, *Iranica* - Vol. III, Fasc. 8, pp. 806-809
97. Carthage
98. Constantine
99. Touat
100. Garmantes
101. FARḠĀNA: iranicaonline.org/articles/fargana
102. Ḵokand (Qūqon)
103. Yarkand
104. Komul (Hami)
105. Mie and Gifu
106. man-nun-poo
107. Urumqi

۱۷۵۰، حاکمان جدید چین به‌شدت از گسترش کشاورزی حمایت کردند. بنابراین ساخت کانال باید در حدود ۱۷۸۰ به اوج خود رسیده‌باشد. در اواخر قرن نوزدهم، تمام روایات جمع‌آوری شده از مسافران اروپایی گزارش می‌دهند که این فن در اواخر قرن ۱۸، توسط مردانی اهل ایران و قفقاز جنوبی معرفی شده‌است (Huntington, 310). بیشتر این مردان دارای اسامی اسلامی -اگر نه لزوماً ایرانی- بودند (Planhol, 1992: 133). اما این کانال‌ها در محل به‌عنوان کاریز شناخته می‌شوند.

محققان چینی (هوانگ، لیو و سونائو[۱۰۸]) که با مراجع اداری چینی کار می‌کنند، به همین نتیجه رسیده‌اند، گرچه نظریهٔ منشأ متأخر ایرانیِ کاریز همیشه صریحاً تأیید نشده‌است. طی سلسله‌های تانگ[۱۰۹] (۶۱۸-۹۰۷م) و مینگ[۱۱۰] (۱۳۶۸-۱۶۴۴م)، منابع چینی فقط از کانال‌های آبیاری روباز مربوط به تُرفان یاد می‌کنند (Huang). درحالی‌که برخی احتمالات وجود دارد که کانال‌های زیرزمینی تُرفان به حدود سال ۱۷۸۰ بازگردد (Liu, 60)، ساخت آنها به‌یقین تازه در ۱۸۰۵ یا ۱۸۰۷ آغاز شد (Huang). کانال‌های زیرزمینی قومول قطعاً در سال ۱۹۰۶ ساخته شدند.

این بحث با روایتی از سیما چیان[۱۱۱] (حدود ۱۴۵-۴۶پ‌م)، در تاریخ حماسه خود **شی جی**[۱۱۲]، مربوط به سال ۱۲۰پ‌م در زمان سلطنت وو تی[۱۱۳] (۸۷- ۱۵۶پ‌م) امپراتور سلسلهٔ هان[۱۱۴]، باز هم پیچیده‌تر شده‌است (Goblot, 178; cf. Pelliot, 1920; Needham, 333-35). این کتاب توضیح می‌دهد چگونه کانال‌های زیرزمینی چین، به کمک یک سری میله‌چاه، برای آبیاری دشت گوانژُنگ (شانکسی، شانشی)[۱۱۵]، به‌کار گرفته شده و بدین ترتیب، فنّ کاریز را به ذهن متبادر می‌کند. مورخ چینی، وانگ گوئُوای[۱۱۶] (Pelliot, 1929: 123-24) این گزارش را تفسیر کرد تا ثابت کند که روش کاریز از زمان سلسله هان (۲۰۶پ‌م-۲۲۰م) در چین، به‌درستی اجرا شده‌بود و با فتح چینی‌ها، در غرب گسترش یافت (Liu, 55-57). اگرچه تأثیر مستقیم ایرانیان بر گوانژُنگ در دوره هان بسیار بعید به‌نظر می‌رسد، اما فنّ کاریز مطمئناً خیلی زودتر در جهان ایرانی مورد استفاده قرار گرفته‌بود. به‌علاوه، چندین دانشمند چینی (مانند لیو) قاطعانه از پذیرش اینکه کانال گوانژُنگ که به‌نظر، آب را از یک رودخانه برداشته و از سفره آب نگرفته، کاریز واقعی بوده، امتناع ورزیده‌اند. با این وجود، برخی دیگر ادعا کرده‌اند که واژگان خاص چینی در رابطه با کانال‌های آب زیرزمینی وجود دارد (Fan, 45) و اصطلاح چینیِ **کارجینگ**[۱۱۷] («چاه»، «چاه بد»؛ Cai & Jing, 30-31) برگرفته از کاریز نیست و از اوایل سلسلهٔ چین[۱۱۸] (۲۲۱- ۲۰۷پ‌م) شناخته‌شده بوده‌است. از طرفی، تاریخ‌های بسیار متقدم‌تری حداقل برای برخی از کانال‌های موجود در تُرفان اگر نه برای کل شبکه، پیشنهاد شده که در سلسلهٔ مینگ (۱۳۶۸-۱۶۴۴) قرار می‌گیرند: ۱۵۷۰ برای وجود یک «یار کارِز»[۱۱۹] (Fan, 45) یا ۱۵۸۸، ۱۵۹۳ و ۱۶۲۲ (Ha, 88). از طرف دیگر، یک سری میله‌چاه‌ها در نقاشی‌ها و حکاکی‌های سنگی که در سایت‌های مختلف باستان‌شناسی در ترکستان چین یافته شده، به‌عنوان برنامه‌هایی برای شبکه‌های کانال زیرزمینی تفسیر شده‌است که قدمت آن به ۲۳۰۰پ‌م (Liang; Wang, 95-96) یا حتی ۶۰۰۰-۴۰۰۰پ‌م (Alim) در اواسط دوره نوسنگی (!!) برمی‌گردد.

108. Huang; Liu; Sunao
109. Tang
110. Ming
111. Sima Qian
112. *Shi ji*
113. Wu Ti
114. Han
115. Guanzhong (Shanxi)
116. Wang Guowai
117. karjing
118. Qin
119. Yiar karez

اکثر محققان چینی («محافظت از آب سِنجان»[۱۲۰]) این فرضیه را پذیرفتند که کانال‌های آب زیرزمینی یا از مرکز چین یا از تپه‌های بادرُفتیِ حوضهٔ رودخانهٔ زرد سرچشمه گرفته‌است. آن‌ها اجرای بعدی این فن در غرب را به‌دنبال گسترش چین یا به‌عنوان یک اختراع محلی مستقل در ترکستان چین توضیح دادند. هرچند دانش فعلی اجازه نمی‌دهد این فرضیه توسعه مستقلی در چین را به‌کلی رد کند، با این وجود، شناسایی شبکه‌های کانال آب زیرزمینی در شکل‌های سنگی بسیار بسیار قانع‌کننده است. مگر در مواردی که کشف‌های جدید باستان‌شناختی وجود داشته‌باشد، به‌نظر می‌رسد مبدأ ایرانی [برای کاریز] معتبرترین فرضیه باشد. قوانین کلی انتشار بحث عمده دیگری علیه خاستگاهی مستقل در خاور دور برای فنّ کاریز ارائه می‌دهند. فقط سایت‌های پراکنده و جداافتاده‌ای در منطقه چین شناخته شده‌اند که دورترین نقطه از انتشار این فن را نشان می‌دهند. توزیع آنها حاکی از آن است که فنّ ایرانی بدون تمرکز گسترده، در تمدن دیگری حل شده‌است، بدون اینکه به‌طور گسترده پذیرفته شود. به‌علاوه، بخش داخلی نیمه‌بایر چین فوق‌العاده برای استفاده از فنّ کاریز مطلوب بود. بنابراین، اگر این روش آبیاری یک کشف اصیل چینی باشد، انتظار وجود شواهد باستان‌شناختی و تحول پویای بیشتری محتمل به‌نظر می‌رسد (Planhol, 1992: 134). در حقیقت، منشأ ایرانیِ فنّ کاریز اخیراً در یک کنفرانس بین‌المللی درباره مدیریت آب که در سال ۲۰۰۶ در اورومچی برگزار شد، تأیید قوی گرفته‌است (*WESDASZ*)، زیرا اریک ترومبر[۱۲۱] در سخنرانی خود ثابت کرد کانال گوانژُنگ هیچ‌یک از خصوصیات یک کاریز را ندارد. ترومبر تحلیل فنّیِ خود را با شواهد مکتوبی از دست‌نوشته‌های منتشرنشده مربوط دورهٔ تانگ و اسنادی که نشان می‌داد بین سده‌های هفتم و دهم میلادی، آبرسانی در سِنجان به کانال‌های روباز محدود می‌شده، استوار ساخت.

۴-۵) محدودیت های فیزیکی انتشار کاریز: انتشار کلی جغرافیایی کاریز از مرکز اصلی ایرانی‌اش، همچنان یک مشکل کلی تحقیق در این باره است، همان‌طور که برای مصارف کشاورزی کاربرد دارد. در مناطق خشک جهان قدیم، انتشار کاریز بسیار نامتقارن بود. کانال‌های آب زیرزمینی در جنوب صحرا ناشناخته بودند؛ آن سوی آهنِت[۱۲۲]، رشته‌کوه هوقار و فِزّان، به‌کار نمی‌رفتند. این کانال‌ها قبلاً در دهه ۱۹۴۰، عقب‌نشینی زیادی نسبت به دورترین پیشروی تاریخی خود کرده‌بودند (Despois, 55-61)؛ اما پیشروی گسترده‌ای به‌سمت شمال، در مناطق نیمه‌گرمسیری مدیترانه‌ای اسپانیا داشتند (Humbert). همین تمایز را می‌توان در آسیا مشاهده‌کرد. در شبه‌قاره هند، فقط جاهای پراکندهٔ کاملاً جداافتاده، آن سوی مرز رود سند در دکَن (رک مدخل«دکن»، *ایرانیکا*[۱۲۳])، حوالی احمدنَگَر (رک مدخل«احمدنگر»، *ایرانیکا*[۱۲۴]) در ایالت مَهاراشترا[۱۲۵] یافت می‌شوند (Balland, 1992a: 3)، گرچه شرایط جاشناختی[۱۲۶] و آب‌شناختی[۱۲۷] در مناطق بی‌شماری در امتداد دشت گنگ برای استفاده از فنّ کاریز بسیار مطلوب بوده‌است. حفره قابل توجه دیگری در ارتفاعات قاره آسیا مشاهده می‌شود. درحالی‌که از فنّ کاریز در کشورهای قفقاز جنوبی و فرارود سفلی که مناطقی با باران‌های زمستانی هستند، استفاده می‌شد، در مناطقی از ارتفاعات قاره آسیا با باران‌های تابستانی که کانال‌های آبرسانی مطمئناً می‌توانست به شکوفایی کشاورزی کمک کند، استفاده نمی‌شد. این داده‌ها در کنارِ هم نشان می‌دهند ارتباط

120. Xinjiang Water Conservancy; Zhang; Liang; Ha; Wang; Chu
121. Éric Trombert
122. Ahnet
123. DECCAN, *Iranica*- Vol. VII, Fasc. 2, pp. 181-189
124. AHMADNAGAR, *Iranica*- Vol. I, Fasc. 6, p. 665
125. Maharashtra
126. topographical
127. hydrological

بین فصول بارانی و فصول رویش، عاملی تعیین‌کننده در استفاده از کانال‌های آب زیرزمینی است. مزیت عمدهٔ فنّ کاریز، جریان نسبتاً ثابت آب در هر فصل است. چنین استقلال از تغییرات بارندگی و جریان رودخانه که آبیاری را با استفاده از آب‌های سطحی محدود می‌کند (رک: بخش ۳-۱)، سرمایه‌ای حائز اهمیت در تمام مناطق نیمه‌گرمسیری با باران‌های زمستانی محسوب می‌گردد که فصل خشک همزمان با فصل رویش است. اما جریان مداوم در مناطق گرمسیری و ارتفاعات قاره آسیا با باران‌های تابستانی بسیار سودمند است، حتی اگر مناطقی دارای فصل خشک مشخصی باشند، زیرا فصل رویش آنها همزمان با فصل باران است. در مجموع، توزیع جهانی کانال‌های آب زیرزمینی منعکس‌کننده محدودیت‌های بسیار ابتدایی طبیعی (Planhol, 1992: 142) و همچنین نفوذ سیاسی شاهنشاهی‌های هخامنشی و ساسانی و تأثیر فناوری تمدن اسلامی در سده‌های نخستینِ پس از قرن ۷ میلادی است.

۵) کاریز در اواخر قرن بیستم و دورنمای آن

در سال ۱۹۹۰، تخمین زده شد که فنّ کاریز حدود ۱/۵میلیون هکتار از کل سطح آبیاری سیاره زمین را تأمین می‌کند که فقط بخش جزئیِ تقریباً ۰/۶درصدی از آن را تشکیل می‌دهد (Balland, 1992a: 1). این فن تا حد زیادی پدیده‌ای مختص به سرزمین‌های ایرانی که نقشش همچنان اهمیت اساسی دارد، باقی مانده‌است. در خود ایران، کانال‌های آب زیرزمینی همه جا منتشر شده‌اند؛ با طول کلیِ حدود ۸۰هزار کیلومتر شبکهٔ کانال که از این میان، ۱۸۴۰۰ کانال اندازه‌گیری شده‌است. در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰، خروجی آن‌ها روی‌هم‌رفته ۲۳۹ متر مکعب بر ثانیه تخمین زده شد (Balland, 1992b: 109, دنبال کنید: Ehlers; Behnyā, 1988). به‌علاوه، کاربردهای فنّ کاریز در مصارف غیرکشاورزی در ایران که اغلب تا به امروز نیز حفظ شده، بیشترین اهمیت را داشته‌است. به‌عنوان مثال، کارآیی آسیاب‌ها (پاپلی یزدی، ۱۹۹۲) و آبرسانی به شهرها برای مصارف آشامیدنی و خانگی- آب تهران تا دهه ۱۹۲۰، هنوز انحصاراً از کاریز تأمین می‌شد.

برای افغانستان، اطلاعات آماریِ به‌دست‌آمده از نظرسنجی بزرگ کشاورزی سال ۱۹۶۷ نه‌چندان قابل اعتماد و حتی گاهی اوقات، اغراق‌آمیز بود. در سال ۱۹۹۰، تخمین تقریبی و کمابیش قابل قبول جریان خروجیِ حدود ۶۰۰۰ کاریز با طول کلی شبکه حدود ۱۲۰۰۰ کیلومتر، کلاً حدود ۱۰۰ متر مکعب بر ثانیه بود (Balland, 1992b: 109). چنین خروجی می‌تواند حدود ۱۶۰هزار هکتار را آبیاری کند که معادل حدود ۷ درصد از زمین‌های آبیاری‌شدهٔ افغانستان است.

تنها کشور خارج از سرزمین‌های مرکزی ایرانی با کشاورزیِ نیازمند کانال‌های آب زیرزمینی، عمان است که بسیار نزدیک به ایران قرار گرفته و مدت‌ها تحت نفوذ سیاسی آن بود. در دهه ۱۹۷۰، تعداد کاریزهای عمان حدود ۱۱۰۰۰ تخمین زده شد که از این تعداد، ۴۰۰۰ کانال اصلی با جریان خروجی مداوم بودند (Costa and Wilkinson, 55; Weisgerber, 69). میزان کلی خروجی آن‌ها در حدود ۴۵ متر مکعب بر ثانیه ارزیابی شد (Dutton, 217-19).

گرچه داده‌ها به‌ندرت گرد هم می‌آیند و آمارهای حاصل از آن کم‌دقت هستند، هنوز هم می‌توان نتیجه گرفت که در مناطق جغرافیایی دیگر، بازده حاصل از فنّ کانال زیرزمینی به‌مراتب کمتر است؛ ۳/۶ متر مکعب بر

ثانیه در صحرای مرکزی و غربی (Bisson, 1992: 10) ۵/۰۵۹ متر مکعب بر ثانیه برای الحوز مراکش[۱۲۸] (Pascon, 1977) و ۱۶/۵ متر مکعب بر ثانیه برای تُرفان و قومول که در سال ۱۹۹۰م، ۱۲۳۱ کانال ۲۱/۸۶۰ هکتار را آبیاری می‌کرد (Liu, 67). در این مناطق، کانال‌ها می‌توانند حاشیه‌ای در نظر گرفته شوند، اگرچه اهمیت محلی آنها برای واحه‌های خاص، بسیار مهم است.

میزان خروجی قابل استفاده از کاریز در سراسر جهان در سال ۱۹۹۰م، نمی‌بایست بیش از ۴۵۰ متر مکعب بر ثانیه بوده‌باشد و احتمالاً بسیار نزدیکتر به ۴۰۰ متر مکعب بر ثانیه بوده‌است؛ با توزیع ۶۰درصد در ایران، ۲۵درصد در افغانستان و حدود ۱۰درصد در عمان. تکامل این فن و استفاده مداوم از آن در کشاورزی فقط برای این سه کشور، مسأله کلان اقتصادی است که از اهمیت اول در آینده نزدیک برخوردار خواهد شد زیرا در کل، اتکا به فنّ کاریز در کشاورزی رو به کاهش است.

کاهش سریع و کاملاً گسترده کاریز در نیمه دوم قرن بیستم، کم‌وبیش همه مناطق جغرافیایی مربوطه را از صحرا تا چین، تحت تأثیر قرار داده‌است. هرچند تعیین دقیق این کاهش، غیرممکن؛ اما ارزیابی تقریبی، امکان‌پذیر است. در اواخر دهه ۱۹۷۰، میزان خروجی تجمیعی کلیه کاریزها در سراسر جهان ۷۰۰-۸۰۰ متر مکعب بر ثانیه تخمین زده شد (Goblot, 1979: 193). حتی اگر این رقم احتمالاً اغراق‌آمیز بوده‌باشد، مقایسه آن با رقم بسیار مطمئن‌ترِ ۱۹۹۰ که در بالا ذکر شد، بسیار آموزنده است. به‌علاوه، برخی از داده‌های موجود برای کشورهای خاص قانع‌کننده‌تر هستند. در ایران، کل جریان از ۵۷۴ متر مکعب بر ثانیه در سال ۱۹۵۴ به ۲۲۴ متر مکعب بر ثانیه در سال ۱۹۷۷ رسیده‌است (Bonine, 1989: 120). در چین، در تُرفان و قومول، میزان خروجی در سال ۱۹۶۳م، برابر با ۲۴/۶ متر مکعب بر ثانیه اندازه‌گیری شد (Liu, 67) و در سه دهۀ بعدی، تقریباً یک‌سوم کاهش یافت. این آمار می‌تواند قابل قبول و کاربرد کلی تلقی شود زیرا همه مشاهدات محلی مؤید آن هستند و نشانه‌های کاهش در همه جا مشهود است. اخیراً بسیاری از کاریزها کاملاً متروک شده‌اند یا دیگر مرمت نمی‌شوند، حتی با اینکه علی‌رغم کاهش جریان، هنوز هم بازدهی دارند؛ بدین ترتیب، مرگ قریب‌الوقوعشان مسلّم است. برخی دیگر، از لحاظ کاربری،کاملاً اصلاح شده‌اند و دیگر برای انتقال آب برای آبیاری مناطق کشاورزی استفاده نمی‌شوند. کاریزها به یک سری چاه تنزل یافته‌اند که مورد استفاده مردم محلی قرار می‌گیرند (Dupaigne, 1977).

دلایل این کاهش پیچیده است اما دلیل اصلی آن تا حد زیادی، شکل‌گیری یک فنّ رقیب، عبارت از چاه‌هایی با پمپ‌های موتوری است (Goblot, 1979: 194-95; Beaumont, 1989: 28-30; Ehlers and Saidi; Haimiti; Mantimin). حفر این چاه‌ها، بسیار کم‌هزینه‌تر از ساخت کاریز جدید است. به‌عنوان مثال، در سال ۱۹۷۶م، در حوضه اسدآباد (رک مدخل«اسدآباد»، *ایرانیکا*[۱۲۹]) در قلب زاگرس در استان همدان (رک مدخل«همدان»، *ایرانیکا*[۱۳۰])، هزینه خاکبرداری از یک کاریز به‌طول ۲ کیلومتر با یک مادرچاه به عمق ۱۶ متر و ۵۷ دهانه، ۶۰۰هزار تومان تخمین زده شده که باید هزینه نگهداری سالانۀ چندین‌هزارتومانی به آن اضافه شود. در مقابل، چاهی با یک پمپ موتوری که برای کشت مساحتی برابر، کافی بود، می‌توانست با ۱۷۵هزار تومان فراهم آید، اما هزینه نگهداری سالانۀ برق، لایروبی و غیره آن حدود ۲۰هزار تومان بود (Ehlers and Saidi, 105). به‌علاوه، چاه‌های موتور پمپ برای استفاده، به‌مراتب سازگارتر از کاریزها هستند. از آنجا که پمپ‌ها فقط در طول فصل کاشت

128. Haouz of Marrakesh
129. ASADĀBĀD, *Iranica*- Vol. II, Fasc. 7, p. 698
130. HAMADĀN, *Iranica*- Vol. XI, Fasc. 6, pp. 595-627

کار می‌کنند، اتلاف آب در زمستان را که از نظر اقتصادی ضعف اساسی سیستم کاریز است، به‌طور کامل از بین می‌برند. سرانجام اینکه این فنّ بسیار ساده‌تر، تقریباً خطرات و حوادثِ غالباً اجتناب‌ناپذیر در خاکبرداری و نگهداری از کانال‌های آب زیرزمینی را از بین می‌برد. در این شرایط، نباید جای تعجب باشد که ساخت کاریزهای جدید در ایران عملاً در دهه ۱۹۵۰ متوقف شد. جدیدترین پروژه‌های کانال زیرزمینی، در چین و در دهه ۱۹۸۰ گزارش شده که جمهوری خلق هنوز کشوری بسیار فقیر بود (Kobori, 1989: 35).

جدا از نقش چاه‌های موتور پمپ به‌عنوان رقیب، تکثیر آن‌ها آثار فاجعه‌آمیزی بر شیوهٔ صرفه‌جویانه کاریز در مصرف آب داشت، زیرا این چاه‌ها منجر به پایین آمدن شدید سطح سفره‌های آب می‌شوند. از آنجا که تقریباً همیشه چاه‌های موتور پمپ در نزدیک محل کاریز حفر می‌شوند، هر دو آب را از یک منبع زیرزمینی برداشت می‌کنند که به نوبه خود معمولاً زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرند (Bonine, 1982: 148, 158). اما تعداد کاریزهای فعال نسبتاً سریع‌تر از میانگین خروجی آن‌ها کاهش می‌یابد، اگرچه رقابت چاه‌های موتور پمپ و پایین آمدن سطح سفره‌های آب، دو عامل اصلی در افول فنّ کاریز است. در ایران، تعداد کانال‌های آب زیرزمینی بین سال‌های ۱۹۵۴ و ۱۹۷۷، از حدود ۲۱۰۶۰ به حدود ۱۸۷۰۰ کاهش یافته‌است (Bonine, 1989). درحالی‌که این ارقام حاکی از کاهش اندکی بیش از ۱۰ درصد در تعداد کاریزهاست اما تعداد کل آنها طی مدت مشابه، بیش از ۶۰ درصد کاهش یافته‌است. به‌عبارت دیگر، کاریز همچنان یک ویژگی برجسته از چشم‌انداز کشاورزی است، حتی اگر نقش آن اهمیت زیادی از دست داده‌باشد.

عوامل دیگری نیز، هرچند به‌نظر نسبتاً جزئی، ممکن است در افول سیستم کاریز نقش داشته‌باشند. تعداد مُقنّیان آموزش‌دیده (برای مُقنّی، رک: بخش ۲-۵) رو به کاهش است، از این بابت که این شغل کم‌اجرت و بسیار دشوار است و با افزایش سطح زندگی، ناتوان از کفاف هزینه‌هاست. بنابراین نگهداری سیستم کاریز روز به روز کمتر شده و این منجر به ویران شدن و متروک شدن تدریجی کانال می‌شود. در ایران، در جریان اصلاحات ارضیِ دهه ۱۹۶۰، سلب مالکیت از بزرگ مالکان ممکن است هر زمان که روستاییان نتوانسته‌اند مستقلاً از کانال‌ها نگهداری کنند، موجب نابودی چند کاریز شده‌باشد. با این حال به‌نظر می‌رسد این شرایط نسبتاً نادر و بیشتر اوقات سیستم اجتماعی به اندازه کافی انعطاف‌پذیر و در نتیجه، جوامع روستـایی قادر به نگهداری کانال‌های خود بوده‌اند (Kielstra).

با وجود افول غیرقابل انکار سیستم کاریز، این فن به‌خودی‌خود محکوم نیست و کانال‌های آب زیرزمینی نباید یادگار گذشته تلقی شوند (Balland, 1992a: 3-4). کاریز فنّی «نرم» است و نسبت به سفره‌های آب زیرزمینی که از آن تأمین می‌شود، بسیار محترمانه‌تر از فنّ «سختِ» چاه‌های موتور پمپ رفتار می‌کند که در آن‌ها، صدمه به محیط زیست قابل توجه است. علاوه بر این، کانال‌های آب زیرزمینی سرمایه زیرساختی عظیمی را تشکیل می‌دهند، که طی چندین نسل ساخته شده و بنابراین کنار گذاشتن آن غیرممکن است. در دو دهه پایانی قرن بیستم، هنگامی‌که اولین جذابیت‌های تازگی چاه‌های موتور پمپ را پشت سر گذاشتیم، دریافتیم که بـاید از ظرفیت کامل شبکهٔ موجود کاریز استفاده شود، زیرا ساخت کانال‌های جدید کم‌وبیش متوقف شده‌بود. تقریباً در همه جا، دولت‌ها مشغول ترویج لایروبی و همچنین گاهی اوقات گسترش کانال‌ها، تعمیر یا تقویت دهانه آن‌ها و حتی همان‌طور که در عمان مشاهده شده (Owen, 114)، به‌کارگیری دوبارهٔ شبکه‌هایی بودند که دیگر مورد استفاده قرار نمی‌گرفتند. این تغییر نگرش به‌ویژه در افغانستان که برنامه‌های بازسازی

پس از سال‌ها جنگ و دهه‌ها عدم ابراز علاقه، مورد توجه قرار گرفته و مرمت کاریزها را به اولویت اصلی تبدیل کرده‌است.

نوآوری‌ها و پیشرفت‌های گاه به گاه، گواهی می‌دهد که این فنّ هزارساله را می‌توان با قرن بیست‌ویکم تطبیق داد. ترکیب کانال‌های آب زیرزمینی با چاه‌های موتور پمپ کاملاً قابل تصور است. برای کاهش هزینه حفر، می‌توان از موتور بالابر استفاده کرد یا یک چاه جدید در نزدیکی کاریز، می‌تواند از پمپ موتوری استفاده کند تا فوراً از جریان خروجی کانال زیرزمینی بهره‌مند شود. از هر دو گزینه می‌توان برای افزایش ارزش شبکه استفاده کرد، زیرا امکان آبیاری مناطق جدید بسیار دور از خروجی کانال در ارتفاعات را فراهم می‌کنند (Bisson, 1989: 190; 1992: 18-21). اگر از مواد مقاوم و منسجم‌تر مانند کنگلومرا (جوش سنگ)، بلوک سیمانی و یا حتی چارچوب‌های آهنی برای دیوارهای کانال استفاده شود، می‌توان ایمنی کارگران را به میزان قابل توجهی بهبود داد. اگر کف‌ها با سیمان پوشانده شوند، عملاً تمام نفوذ را می‌توان متوقف کرد، درحالی‌که بازده به میزان قابل توجهی، افزایش می‌یابد (Wessels). علاوه بر این، شهرنشینی امکان شگفت‌آوری برای نوسازی دارد. تهران آب خود را از مناطق کوهستانی دریافت می‌کند که برخی از آنها کاملاً دورند و از دهه ۱۹۶۰ به بعد، نفوذ فاضلاب تهران به‌میزان قابل توجهی افزایش یافته‌است. به‌دلیل جانگاری کوهپایه در جنوب شهر، افزایش نفوذ فاضلاب باعث بالا رفتن بسیار قابل توجه سطح سفره آب شده‌است که به نوبه خود، جریان خروجی کاریز را در کل منطقه تا دشت ورامین به‌شدت تقویت می‌کند (Beaumont, 1989: 30).

در مجموع، کاریزها هر زمان که شرایط فیزیکی و اجتماعی مطلوب باشد، تمام ارزش خود را حفظ می‌کنند. قدرت ساختار اجتماعی جامعه تعیین می‌کند که آیا نگهداری و توزیع آب کاریز به‌صورت مطلوبی اداره می‌شود و بدین‌ترتیب، ضروری است مردم محل مصمم باشند از سیستم‌های کاریز خود محافظت کنند (Wessels, 259-60). در دنیایی که به‌زودی مشکل منـابع آب در همهٔ مناطق خشک و نیمه‌خشک، پدیده‌ای نگران‌کننده خواهد شد، کاریز به مشارکتی ارزنده در چاره‌سازی این مشکل ادامه خواهد داد.

کتابشناسی

اختصارات:

EC = Daniel Balland, *Les eaux cachées: Etudes géographiques sur les galeries drainantes souterraines*, Publications du Département de Géographie de l'Université de Paris-Sorbonne 19, Paris, 1992.

IDA = Pierre Briant, ed., *Irrigation et drainage dans l'antiquité: Qanats et canalisations souterraines en Iran, en Egypte et en Grèce—Séminaire tenu au Collège de France*, Paris, 2001.

PICKI = Jianzhong Lai, ed., *Proceedings of International Conference on Karez Irrigation*, Urumqi, 1993.

QKK = Peter Beaumont, et al., eds., *Qanat, Kariz and Khattara: Traditional Water Systems in the Middle East and North Africa*, London, 1989.

WESDASZ = *First International Conference on Water, Ecosystems and Sustainable Developments in Arid and Semi-Arid Zones*, 9-15 October 2006, held in Urumqi and organized by Xinjiang University, the University of Tehran, and the EPHE; the proceedings were distributed in 2009 on CD-Rom; cf. the conference history given online: http://watarid.aquitaine.cnrs.fr/spip.php?article107 (accessed 4 August 2010). *WQ* = K. Grewe, ed., *Wasserversorgung aus Qanaten: Qanate als Vorbilder im Tunnelbau—Internationales Frontinus Symposium 2.-5. Oktober 2003, Walferdange, Luxemburg*, Schriftenreihe der Frontinus-Gesellschaft 26, Bonn, 2005.

منابع و مآخذ:

Niyaz Alim, "Rock Drawing: The Testimony for the Research on the Karez Origin," in *PICKI*, pp. 80-81.

Daniel Balland, "Introduction," in *EC*, 1992a, pp. 1-5.

Idem, "La place des galeries drainantes souterraines dans la géographie de l'irrigation en Afghanistan," in *EC*, 1992b, pp. 97-121.

Daniel Balland and Michèle Brognetti, "Une forme nouvelle: Les *kārēz* de montagne du Hazārajāt (Afghanistan central)," in *EC*, pp. 123-27.

Marcel Bazin and Ashgar Nazarian, "La limite des galeries drainantes souterraines dans le Nord-Ouest de l'Iran," in *EC*, pp. 79-86.

A. Bazzana et al., "L'hydraulique agraire dans l'Espagne médiévale," in *L'eau et les hommes en Méditerranée*, ed. André de Réparaz, Paris, 1987, pp. 43-66.

Peter Beaumont, "Qanats on the Varamin Plain, Iran," *Transactions of the Institute of British Geographers* 45, 1968, pp. 169-79.

Idem, "Qanat Systems in Iran," *Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology* 16/1, 1971, pp. 39-50.

Idem, "A Traditional Method of Ground Water Extraction in the Middle East," *Ground Water* 11/5, September-October 1973, pp. 23-30.

Idem, "Water Resource Development in Iran," *Geographical Journal* 140/3, 1974, pp. 418-31.

Idem, "The *qanat*: A Means of Water Provision from Groundwater Sources," in *QKK*, pp. 13-31.

P. Beckett, "Qanats in Persia," *Journal of the Iran Society* 1/4, 1952a, pp. 125-33.

Idem, "Qanats around Kirman," *Royal Central Asian Journal* 39/2, 1952b, pp. 47-58.

ʿA. K. Behnyā, "Ketāb-nāma va maqāla-nāma-ye qanāt," *Našr-e dāneš*, 1362 Š./1983-84, 4/1, pp. 68-75 and 4/2, pp. 64-69.

Idem, *Qanāt-sāzi va qanāt-dāri*, Tehran, 1367 Š./1988.

R. Biscione, "The Crisis of Central Asian Urbanization in II Millenium BC and Villages as an Alternative System," in *Le Plateau iranien et l'Asie Centrale des origines à la conquête islamique: Leurs relations à la lumière des documents archéologiques*, ed. J. Deshayes, Colloques internationaux du CNRS 567, Paris, 1977, pp. 113-27.

Jean Bisson, *Le Gourara: Etude de géographie humaine*, Mémoires de l'Institut de recherches sahariennes 3, Algiers, 1957.

Idem, "The Origin and Evolution of *foggara* oases in the Algerian Sahara," in *QKK*, pp. 179-94.

Idem, "Les foggara du Sahara Algérien: Déclin ou renouveau," in *EC*, pp. 7-26.

Frank Bliss, *Die Oasen Bahriya und Farâfra: Bestimmungsfaktoren und Folgen des sozialen und wirtschaftlichen Wandels in zwei Oasengesellschaften in der westlichen Wüste Ägyptens*, Bonn, 1983; orig., Ph.D. diss., Universität Bonn, 1982.

Michael E. Bonine, "From *Qanāt* to *Kort:* Traditional Irrigation Terminology and Practices in Central Iran," *Iran* 20, 1982, pp. 145-59.

Idem, "*Qanats*, Field Systems and Morphology: Rectangularity on the Iranian Plateau," in *QKK*, pp. 35-59.

R. Boucharlat, "Les galeries de captage dans la péninsule d'Oman au premier millénaire avant J. C.: Questions sur leur relations avec les galeries du plateau iranien," in *IDA*, pp. 157-84.

Idem, "Iron Age Water-Draining Galleries and the Iranian 'Qanat'," in *Archaeology of the United Arab Emirates: Proceedings of the First International Conference on the Archaeology of the U.A.E. in Abu Dhabi in 2001*, ed. D. Potts et al., London, 2003, pp. 162-72.

Cornel Braun, *Teheran, Marrakesch und Madrid: Ihre Wasserversorgung mit Hilfe von Qanaten—Eine stadtgeographische Konvergenz auf kulturhistorischer Grundlage*, Bonner Geographische Abhandlungen 52, Bonn, 1974; orig., Ph.D. diss., Universität Bonn, 1973.

Pierre Briant, "Polybe X.28 et les qanats: Le témoignage et ses limites," in *IDA*, pp. 15-40.

M. A. Butler, "Irrigation in Persia by Kanats," *Civil Engineering* 3/2, February 1933, pp. 69-73.

Pan Cai and Chao Jiang, "The Relation of the Karez Systems of Xinjiang and the Central Plains of China," in *PICKI*, pp. 23-32.

Robert Capot-Rey, *L'Afrique blanche française: II—Le Sahara français*, Paris, 1953.

M. Chauveau, "Les qanats dans les ostraca de Manawir," in *IDA*, pp. 137-42.

Peter Christensen, *The Decline of Iranshahr: Irrigation and Environments in the History of the Middle East 500 B.C. to A.D. 1500*, tr. from the Danish by Steven Sampson, Copenhagen, 1993.

Huaizhen Chu, "General View of the 'Karez Culture' as Seen from the Excavated Documents as well as from the Archaeology," in *PICKI*, pp. 104-6.

A. Cornet, "Essai sur l'hydrogéologie du grand erg occidental et des régions limitrophes: Les foggaras," *Travaux de l'Institut de recherches sahariennes* 8, 1952, pp. 71-122.

Paolo M. Costa and T. Wilkinson, "The Hinterland of Sohar: Archaeological Surveys and Excavations within the Region of an Omani Seafaring City," *Journal of Oman Studies* 9, 1983, pp. 11-238.

G. B. Cressey, "Qanats, Karez and Foggaras," *Geographical Review* 48, 1958, pp. 27-44.

Jean-Marc Deom and Renato Sala, "The 261 Karez of the Sauran Region," in *WESDASZ*, pdf-file of 15 pages; cf. their article with the same title in *Transoxania* 13, 2008, available on the internet at http://www.transoxiana.org/13/sala_deom-karez_sauran.php (accessed 4 August 2010).

Jean Despois, *Mission scientifique du Fezzan, 1944-45: III—Géographie humaine*, Paris, 1946.

Bernard Dupaigne, "Du Karez aux puits dans le Nord de l'Afghanistan," *Revue Géographique de l'Est* 17, 1977, pp. 27-36.

R. W. Dutton, "Aflaj Renewal in Araqi: A Village Case Study from Oman," in *QKK*, pp. 237-56.

Jean-Claude Échallier, *Villages désertés et structures agraires anciennes du Touat-Gourara (Sahara algérien)*, Paris, 1972.

Eckart Ehlers, *Iran: Grundzüge einer geographischen Landeskunde*, Wissenschaftliche Länderkunden 18, Darmstadt, 1980.

Eckart Ehlers and Abbas Saidi, "Qanats and Pumped Wells: The Case of Assad'abad, Hamadan," in *QKK*, pp. 89-112.

Paul W. English, *City and Village in Iran: Settlement and Economy in the Kirman Basin*, Madison, Wis., 1966, esp. pp. 135-40.

Idem, "The Origin and Spread of *qanats* in the Old World," *Proceedings of the American Philosophical Society* 112, 1968, pp. 170-81.

Idem, "The Qanats of Mahan," in *QKK*, pp. 113-18.

Ahmed Fakhry, *The Oases of Egypt: II—Bahriyah and Farafra*, Cairo, 1974; repr., Cairo, 2003.

Zili Fan, "The Preliminary Studies on the Origin of Karez in Turpan Basin, Xinjiang," in *PICKI*, pp. 43-46.

C.-G. Feilberg, "Qanaterne: Irans underjordiske vandingskanales," in *Øst og-Vest: Afghandelinger tilegnede Professor Dr. phil. Arthur Christensen*, ed. K. Barr and Hans Ellekilde, Copenhagen, 1945, pp. 105-13.

Robert James Forbes, *Studies in Ancient Technology: II—Irrigation and Drainage, Power, Land Transport and Road-Building, the Coming of the Camel*, Leiden, 1955.

P. Gentelle, "Quelques observations sur l'extension de deux techniques d'irrigation sur le plateau iranien et en Asie centrale," in *Le plateau iranien et l'Asie centrale des origines à la conquête islamique: Leurs relations à la lumière des documents archéologiques*, Colloques internationaux du CNRS 567, Paris, 1977, pp. 249-62.

Georg Gerster, *Paradise Lost: Persia from Above*, ed. M. Sachs, London, 2008.

Henri Goblot, "Dans l'ancien Iran, les techniques de l'eau et la grande histoire," *Annales* 18/3, 1963, pp. 499-520.

Idem, *Les qanats: Une technique d'acquisition de l'eau*, Industrie et artisanat 9, Paris, 1979; orig., Ph.D. diss., Ecole des hautes études en sciences sociales, 1973.

T. Gonon, "Les qanats d'Ayn Manawir (Oasis de Kharga, Egypte): Techniques de creusement et dynamique de l'exploitation d'une ressource épuisable de la Première Domination Perse au IIe siècle de l'Ere Commune," in *WQ*, pp. 39-57.

K. Grewe, "Wasserversorgung aus Qanaten: Qanate als Vorbilder im Tunnelbau," in *WQ*, pp. 9-24.

Yunchang Ha, "The Origin and Development of Karez in Turpan Basin," in *PICKI*, pp. 86-89.

Kimiti Haimiti et al., "Karez Water Conservancy Characteristics and Development in Turpan," in *WESDASZ*, pdf-file of 8 pages.

W. B. Henning, "A List of Middle-Persian and Parthian Words," in *BSOS* 9, 1937, pp. 79-92.

M. Honari, "Qanats and Human Ecosystem in Iran," in *QKK*, pp. 61-85. Shengzhang Huang, "Re-Expound the Source and Development of Xinjiang Karez," in *PICKI*, pp. 17-22.

A. Humbert, "Une galerie drainante dans le bassin de l'Ebre à 42 degrés de latitude Nord," in *EC*, pp. 27-31.

Johannes Humlum, "Underjordiske Vandingskanaler: Kareze, qanat, foggara," *Kulturgeografi* 16, no. 90, 1964, pp. 81-132.

Ellsworth Huntington, *The Pulse of Asia: A Journey in Central Asia Illustrating the Geographic Basis of History,* Boston, 1907.

C. Jentsch, "Die Kareze in Afghanistan," *Erdkunde* 24, 1970, pp. 112-20. "Ḳanāt," in *EI*² IV, 1978, pp. 528-33.

Moḥammad b. al-Ḥasan al-Karaji, *La civilisation des eaux cachées: Traité de l'exploitation des eaux souterraines*, tr. and comm. Aly Mazahéri, pref. Charles Morazé, Institut d'études et de recherches interethniques et interculturelles—Etudes préliminaires 6, Nice, 1973; tr. of *Ketāb enbāṭ al-meyāh al-ḵafiya*, written 1071 CE.

N. O. Kielstra, "The Reorganisation of a *qanat* Irrigation System near Estehbanat, Fars," in *QKK*, pp. 137-49.

H. Kinzl, "Die altindianischen Bewässerungsanlagen in Peru nach der Chronik des Pedro de Cieza de Leon (1553)," *Mitteilungen der Österreichischen geographischen Gesellschaft*, 1963, pp. 331-39.

H. Klaubert, "Kanate in Selb/Bayern und Umgebung," *Wasser und Boden* 18, May 1966, pp. 148-50.

Idem, "Qanats in an Area of Bavaria-Bohemia," *Geographical Review* 57, 1967, pp. 203-12.

Idem, "Wasserstollen im bayerisch-böhmischen Grenzraum," *Heimatkalender für Fichtelgebirge und Frankenwald* 1, 1973, pp. 35-43.

Iwao Kobori, "Some Notes on Diffusion of Qanat," *Orient: The Reports of the Society for Near Eastern Studies in Japan* 9, 1973, pp. 43-66.

Idem, "Notes on *Foggara* in the Algerian Sahara," *Bulletin of the Department of Geography, University of Tokyo* 8, 1976, pp. 41-55.

Idem, "Comparative Studies on the Formation of Qanat Water System," *Bulletin of the Institute of Social Sciences, Meiji University, Tokyo* 12/1, 1989, pp. 1-40.

I. Kobori, ed., *Qanawat Romani of Taibe Oasis*, Tokyo University Scientific Mission for the Comparative Study of the Foggara Oasis in the Arid Zone of the Old Continent, Report 1, Tokyo, 1980.

Idem, ed., *Case Studies of Foggara Oases in the Algerian Sahara and Syria*, The Tokyo University Scientific Mission for the Comparative Study of the Foggara Oasis in the Arid Zone of the Old Continent, Report 2, Tokyo, 1982.

Philip L. Kohl et al., *L'Asie centrale des origines à l'âge du fer*, Paris, 1984; with English and French contributions.

Rajab ʿAli Labbāf Ḵāneki, "Barrasi o šenāsā-ye qanāvat-e gonābād," *Gozārešha-ye bāstān šenāsi* 1, 1997, pp. 271-98.

A. K. S. Lambton, *Landlord and Peasant in Persia: A Study of Land Tenure and Land Revenue Administration*, London, 1953.

Idem, "The Origin, Diffusion and Functioning of the *qanat*," in *QKK*, pp. 5-11. Idem, "The *qanats* of Qum," in *QKK*, pp. 151-75.

Jørgen Læssøe, "The Irrigation System at Ulḫu, 8th Century," *Journal of Cuneiform Studies* 5, 1951, pp. 21-32.

Ferdinand Friedrich Carl Lehmann-Haupt, *Armenien einst und jetzt: Reisen und Forschungen—II/1: Das türkische Ost-Armenien, in Nord-Assyrien*, Berlin, 1926.

Yide Liang, "Discussions on the Research of Textual Origin of Karez in Xinjiang, China," in *PICKI*, pp. 84-85.

Gorislava N. Lisitsyna, *Stanovlenie i razvitie oroshaemogo zemledeliya v Yuzhnoĭ Turkmenii* (Formation and development of irrigation agriculture in South Turkmenia), Moscow, 1978.

Chifei Liu, "The Source and Utilization of the Xinjiang Karez," in *PICKI*, pp. 54-67.

Capitaine A. Lô, "Les foggaras du Tidikelt," *Travaux de l'Institut de recherches sahariennes* 10/2, 1953, pp. 139-79 and 11/1, 1954, pp. 49-77.

Maria Macuch, *Rechtskasuistik und Gerichtspraxis zu Beginn des siebenten Jahrhunderts in Iran: Die Rechtssammlung des Farroḫmard i Wahrāmān*, Iranica 1, Wiesbaden, 1993.

N. E. McClymonds, *Shallow Groundwater in the Zamin Dawar Area, Helmand Province,* U.S. Geological Survey Open-File Report, n.p., 1972.

Keith McLachlan, "The *kariz* in the Herat Basin, Afghanistan," in *QKK*, pp. 257-66.

Idem, *The Neglected Garden: Politics and Ecology of Agriculture in Iran*, London, 1988.

Monique Maillard, *Essai sur la vie matérielle dans l'oasis de Tourfan pendant le Haut Moyen Age*, Arts Asiatiques—numéro spécial 29, Paris, 1973.

B. Mantimin et al., "The Traditional Technology for Optimum Subterranean Water Used in the Cold Desert of Northwest China," in *WESDASZ*, pdf-file of 10 pages.

J. P. de Menasce, "Textes pehlevis sur les qanats," *Acta Orientalia* (Budapest) 30, 1966, pp. 67-75.

Adam Mez, *Die Renaissance des Islams*, ed. H. Reckendorf, Heidelberg, 1922.

Joseph Needham, *Science and Civilisation in China*, Vol. IV. *Physics and Physical Technology*, Pt. 3. *Civil Engineering and Nautics*, in collaboration with Wang Ling and Lu Gwei-Djen, Cambridge, 1971.

J. A. Neely, "Sassanian and Early Islamic Water-Control and Irrigation Systems on the Deh Luran Plain, Iran," in *Irrigation's Impact on Society*, ed. T. E. Downing and M. Gibson, Anthropological Papers of the University of Arizona 25, Tucson, 1973, pp. 21-42.

E. Noël, "Qanats," *Journal of the Royal Central Asian Society* 31, 1944, pp. 191-202.

H. S. Nyberg, ed., *Frahang i Pahlavīk*, ed. from the posthumous papers . . . by B. Utas, Wiesbaden, 1988.

Eugen Oberhummer, *Die Insel Cypern—Eine Landeskunde auf historischer Grundlage: Quellenkunde und Naturbeschreibung*, Munich, 1903.

S. Okazaki, "The Japanese *qanat* (mambo): Its Technology and Origin," in *QKK*, pp. 267-79.

Jocelyn Orchard and Gordon Stanger, "Third Millenium Oasis Towns and Environmental Constraints on Settlement in the Al-Hajar Region," *Iraq* 56, 1994, pp. 63-100.

Idem, "Al-Hajar Oasis Towns Again," *Iraq* 61, 1999, pp. 89-119.

T. Owen, "Oman," *Middle East Review* 15, 1989, pp. 113-17.

Ünal Öziş et al., "Tunnelstrecken in Qanatbauweise: Der [sic] Kenchrios-(Değirmendere)-Fernwasserleitung nach Ephesus," in *WQ*, pp. 293-300.

Antonino Pagliaro, "Pahlavi *katas* 'canale' gr. ΚΑΔΟΣ," *Rivista di Studi Orientali* 17, 1938, pp. 72-83.

M. H. Papoli-Yazdi, "Āsyābhāʾi ke bā āb-e qanāt kar mikonand," *Majalla-ye Dāneškada-ye adabiyāt o ʿolum-e ensāni-e Dānešgāh-e Ferdowsi* 18, 1364 Š./1985, pp. 3-30.

Idem, "Une technique méconnue: Les *qanāt* à moulins du désert iranien," in *EC*, pp. 87-96.

Paul Pascon, *Le Haouz de Marrakech*, 2 vols., Rabat, 1977; orig., Ph.D. diss., Université de Paris VII, 1975.

Paul Pelliot, note about kārēz in the "Séance du 16 Avril 1920," *JA*, ser. 11, 15, 1920, p. 261.

Idem, "L'édition collective de l'oeuvre de Wang Kouo-Wei," *T'oung Pao* 26, 1929, pp. 113-82.

Xavier de Planhol, "Les galeries drainantes souterraines: Quelques problèmes généraux," in *EC*, 1992, pp. 129-42. I

dem, "Réflexions sur l'identité iranienne," *Mondes et cultures* 66, 2006, pp. 261-69.

Idem, "Le *kārēz* et la luzerne: Une première revolution agricole en Iran," *Stud. Ir.* 39/1, 2010, pp. 11-26.

X. de Planhol and Pierre Rognon, *Les zones tropicales arides et subtropicales*, Paris, 1970.

S. Radojicic, *Water Resources Development Prospects for the Water Supply of Rural Population in Ghazni Province*, multigraph, UNICEF/WHO Assisted Rural Water Supply Project, Kabul, 1978a.

Idem, *A Note on Hydrogeological Reconnaissance of Deh-Sabz BHC and Qala-i-Bakhtyar in the Kabul Vicinity*, UNICEF/WHO Assisted Rural Water Supply Project, Kabul, 1978b.

Fereydoun Rahimi-Laridjani, *Die Entwicklung der Bewässerunglandwirtschaft im Iran bis in sasanidisch-frühislamische* [sic] *Zeit*, Beiträge zur Iranistik 13, Wiesbaden, 1988; orig., Ph.D. diss., Universität Tübingen, 1988.

Susan Roaf, "Settlement Form and *Qanat* Routes in the Yazd Province," in *QKK*, pp. 59-60.

Zvi Ron, "Development and Management of Irrigation Systems in Mountain Regions of the Holy Land," *Transactions of the Institute of British Geographers*, N.S. 10, 1985, pp. 149-69.

Idem, "*Qanats* and Spring Flow Tunnels in the Holy Land," in *QKK*, pp. 211-36.

Idem, "Qanats and Spring Flow Tunnels in the Holy Land," in *EC*, pp. 33-55 (a more complete and abundantly illustrated version of the preceding article).

Jawād Safi-Nežād, *Nẓāmhā-ye ābyāri-e sonnati dar Irān*, Entešārāt-e moʾassasa-ye moṭālaʿāt o taḥqiqāt-e ejtemāʿi 88, Tehran, 1359 Š./1980.

Idem, "De la pierre à l'eau: Nouvelles observations sur les *qanat* d'Iran," *EC*, pp. 57-78.

Emmanuel Salesse, ed., *Las galerías de captación en la Europa mediterránea: Una aproximación pluridisciplinar—Coloquio Internacional 4-6 de junio de 2001*, Madrid, forthcoming.

Mirjo Salvini, "Pas de qanats en Urartu!" in *IDA*, pp. 143-55.

Mansur Seyyed Sajjadi, *Qanat/Kariz: Storia, tecnica construttiva ed evoluzione,* Quaderni della sessione archeologica dell' Istituto italiano di cultura 1, Tehran, 1361 Š./1982; the Persian orig., *Qanāt/Kāriz: Tārik̲ča, sak̲tamān va čegunagi-ye gostareš-e dar jahān*, was published in parallel as a separate volume.

Fred Scholz, "Die physisch- und sozialgeographische Ursachen für die Aufgabe und den Erhalt der Kareze in Belutschistan," *Die Erde* 103, 1972, pp. 302-15.

Idem, "Falaj-Oasen in Sharqiya, Inner-Oman," *Die Erde* 115, 1984, pp. 273-94.

Anthony Smith, *Blind White Fish in Persia*, London, 1954; tr. as *La Perse et ses mystères: A la recherche du poisson blanc aveugle*, by François Boësse, Paris, 1957.

Robert Payne Smith, *A Compendious Syriac Dictionary*, Oxford, 1903.

G. Stratil-Sauer, "Kanats, Persiens künstliche Bewasserungsanlagen," *Die Umschau* 40, no. 271, 1937, pp. 271-75.

Maximilian Streck, "Ḳanāt," in *EI*[1], Eng. tr., II, 1927, pp. 708-9.

Hori Sunao, "The Origin of the Karez in Turpan: Reasons for its Spread," in *PICKI*, pp. 82-83.

K. Suter, "Die Foggara des Touat," *Vierteljahresbericht der Naturforscher in Zürich* 97, 1952, pp. 145-80.

Nur Moḥammad Taraḥ'ki (Taraki), "Awzāʿ-e zarāʿati o fallāḥati-e Moqor," *Majalla-ye Eqteṣād* (Kabul) 1319 Š./1940, pp. 621-23.

Richard Thoumin (Thoumin-Lodoïs), *Géographie humaine de la Syrie centrale*, Tours, 1936; orig., Le Ghab, Ph.D. diss., Université de Grenoble, 1936.

C. Troll, "Qanat-Bewasserung in der Alten und Neuen Welt," *Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft* 105, 1963, pp. 313-30.

Eric Trombert, "The Karez Concept in Ancient Chinese Sources: Myth or Reality?" in *WESDASZ*, pdf-file of 18 pages.

W. Wagner, *Grundlagen und Empfehlungen für eine Perspektivplanung zum regionalen Entwicklungsvorhaben Paktia/Afghanistan: Grundwasser (Grundwasserpotential)*, Planungsteam Paktia, n.p., 1972.

Hermann-Josef Wald, *Landnutzung und Siedlung der Pashtunen im Becken von Khost (östliches Afghanistan)*, Opladen, 1969; orig., Ph.D. diss., Universität Freiburg, 1967.

Binghua Wang, "The Ancient Irrigation Works as Seen in the Xinjiang Archaeological Investigation," in *PICKI*, pp. 94-103.

Shouchun Wang, "The Study of Historical Geography on the Origin of the Kerez of Turpan," in *PICKI*, pp. 47-53.

G. Weisgerber, "The Impact of the Dynamics of Qanats and Aflaj on Oases in Oman: Comparisons with Iran and Bahrain," in *WQ*, pp. 61-97.

J. Wessels, "Criteria for Renovating and Using Ancient Qanats in Syria: Case Studies," in *WQ*, pp. 249-62.

Jacques Weulersse, *Paysans de Syrie et du Proche-Orient*, Paris, 1946.

J. C. Wilkinson, *Water and Tribal Settlement in South-East Arabia: A Study of the Aflāj of Oman*, Oxford, 1977.

Idem, "The Origins of the Aflāj in Oman," *Journal of Oman Studies* 6/1, 1983, pp. 177-94.

A. Wilson, "Foggara Irrigation and Early State Formation in the Libyan Sahara: The Garamantes of Fezzan," in *WQ*, pp. 223-34.

H. E. Wulff, "The Qanats of Iran," *Scientific American* 218/4, 1968, pp. 94-105.

M. Wuttmann, "Les qanats de ʿAyn-Manāwīr (oasis de Kharga, Egypte)," in *IDA*, pp. 109-36.

Xinjiang Water Conservancy Bureau and Xinjiang Hydraulic Engineering Society, "Studies on Xinjiang Karez," in *PICKI*, pp. 33-42.

Xiru Zhang, "The Conditions of the Formation of 'Karez' in Xinjiang and the Theories about their Origin," in *PICKI*, pp. 68-75.