

G. Ferriello, *Strumenti topografici dell'anno mille nel Ketâb inbât âl-miyyâh âl-xâfiyyâh del matematico-ingegnere Karajî*, Atti del XXV Congresso Nazionale di Storia della Fisica e dell'Astronomia, Milano, 10-12 novembre 2005, (Milano: SISFA, 2008): C23.1-C23.5.

STRUMENTI TOPOGRAFICI DELL'ANNO MILLE NEL *KETÂB INBÂT ÂL-MIYYÂH ÂL-XÂFIYYÂH* DEL MATEMATICO-INGEGNERE KARAJÎ

GIUSEPPINA FERRIELLO

1. IL TRATTATO DI INGEGNERIA IDRAULICA

Il *Kitâb inbât al miyyâh al-xâfiyyâh* (Libro/Trattato: L'Estrazione delle acque nascoste) fu composto dallo studioso arabografo¹, di origine persiana, Abû Bakr Moḥammad ibn al-Ḥasan ibn al-Ḥuseyn al-Ḥâseb² al-Karajî fra i secoli X e XI. Per la varietà ed il considerevole numero di notizie di carattere tecnico e scientifico che esso contiene, pone le basi per il dibattito sull'esistenza di trattati tecnici in ambito islamico ampliando, altresì, la questione della circolazione delle idee scientifiche all'interno ed all'esterno del mondo musulmano. Non secondaria è anche l'opportunità di evidenziare, nei contenuti e nel loro svolgimento, possibili influenze e interferenze in campo tecnico – oltre che artistico – fra l'Oriente e l'Occidente³.

Il testo principe, in lingua araba, è conservato a Hyderabâd, dove fu pubblicata la trascrizione a stampa nel 1941 eseguita sulla scorta del manoscritto della Biblioteca Âsafiyah da Brockelmann schedato al Cat. I, N° 128 - S. II, 390; esistono, inoltre, la versione persiana (*Estextrâj-eâbhâ-ye penhânî*)⁴ di Hamin Xadivjam, edita a Tehrân nel 1345H./1966-7; la meno fedele trasposizione in francese, di Aly Mazaherî, uscita a Nizza nel 1973. In essa si allude a un altro manoscritto custodito al Cairo, di cui, però, non esiste traccia⁵.

Il testo arabo consta di 67 pagine nella versione araba e di 127 nella persiana; la differenza è da attribuire alla composizione tipografica. Gli argomenti, suddivisi in capitoli, sono: (Cap. 1) invocazione rituale con la *basmala*, dedica dell'opera al visir di Baḡdâd, Abû Ganim Ma'ruf b. Moḥammad, enunciazione dell'intento didascalico;

¹ Nel periodo protoislamico l'arabo costituiva la "lingua internazionale" come il latino per il coevo Occidente. L'utilizzo di un'unica lingua ha spesso indotto ad inserire in ambito "arabo" anche studiosi di differente provenienza e formazione, come nel caso di Karajî.

² Il *Laqab* (mestiere) onomastico dello studioso è «al-Ḥâseb» (Il calcolatore/matematico).

³ Ferriello, Giuseppina (1995). "Problemi di Storia della scienza in un trattato persiano medioevale del Mille", *Oriente Moderno*, Nuova serie, anno XIV (LXXV) n. 7-12 (Luglio-Dicembre 1995): 267-340; Ferriello, Giuseppina (1997). "Donald Hill, Islamic Science and Engineering", *Oriente Moderno*, anno XVI (LXXVII) n. s., n° 1/1997: 119-125.

⁴ Per la traduzione in italiano è stata utilizzata questa edizione comparata col testo in arabo.

⁵ È in corso di pubblicazione la versione italiana comparata con fonti greche e latine curata dall'autrice di questo studio.

(Capp. 2-11) temi di contenuto vario riferibile alle teorie filosofico-scientifiche del mondo greco, romano e musulmano (Vitruvio, Plinio, Seneca, al-Birûnî, Avicenna, al-Xwarazmi, ecc.); (Capp. 12-14) argomenti di diritto canonico; (Capp. 15-17) soggetti di carattere tecnico-ingegneristico; (Capp. 18-19) rilievo topografico con dimostrazioni matematiche; (Capp. 20-24) risoluzione di problemi tecnico-pratici risolvibili con l'applicazione di regole di geometria e con la perizia del costruttore; (Cap. 25) consigli pratici al Direttore dei Lavori, autocritica e giaculatoria rituale finale. Karajî sviluppa, nei differenti aspetti, il problema dell'approvvigionamento dell'acqua e della relativa ripartizione; esamina nodi connessi alla realizzazione degli acquedotti; dà informazioni sugli strumenti utilizzati nel cantiere medioevale persiano – principalmente le livelle –, sui materiali naturali e sulle malte. In linea con la cultura enciclopedica del Medio Evo, considera l'aspetto scientifico-filosofico e naturalistico dell'elemento "acqua", la sua presenza sulla superficie e dentro le viscere della terra, le relazioni con la geologia, con la botanica e con l'astronomia. Alcune argomentazioni mostrano analogie con le guide per l'agricoltura⁶. La solida formazione tecnico-scientifica dell'autore è espressa, in particolare, nell'applicazione di teoremi corredati da immagini. Su di essi si basano le livelle, alcune delle quali sono perfezionate o progettate da Karajî in persona, autore di vari testi di scienze matematiche⁷.

Poco prima del Mille, si occupò di questioni fiscali applicate all'agrimensura anche un altro noto matematico della *Bayt al-ḥikmah* (Casa della Scienza/Sapienza) di Bagdâd, famoso per le traduzioni dal greco di opere a carattere scientifico: Moḥammad ben Moḥammad Yahyâ ben Ismâ'il ben al-'Abbâs Abû 'l-Wafâ' al-Buzjânî (n. I Ramadan/10 giugno 940 e m. 998). Originario della regione persiana del Mâzandarân ma arabografo secondo la consuetudine dell'epoca, commentò l'Algebra di Xwârizmî e tradusse Diofanto, Hypparco di Bithynia, Tolomeo e Pappo il Greco. Con lui fu in contatto Karajî, il quale forse ne ereditò il ruolo di primo maestro nella scuola bagdadena. I due condivisero le teorie di Abû Kâmil, l'impiego della notazione alfabetica e l'interesse per la metrologia applicata al settore economico e

⁶ I primi espliciti riferimenti alle fonti antiche sono in un testo del 1130 compilato in arabo dallo spagnolo Ibn al-Awwam, cfr.: Ebn el Awam, sevillano, Abu Zacaria Iahia Aben Mohamed Ibn Ahmed, *Kitâb al-Filâha*, (Libro di Agricoltura) (edit. Josef Antonio Banqueri), 2 voll. (Madrid: 1802), ristampa anastatica con note di García Sánchez y J. Esteban Hernández Bermejo, (Madrid: 1992); sulle guide: *Al-Qanṭara*, vol. III/1982: 299-332; Živa Vesel (1986) "Les Traités d'Agriculture en Iran", *Studia Iranica* 1986, 15: 99-108; M.E. Subtelny (1993). "A Medieval Persian Agricultural Manual in context: The Irshâd al-zirâ'a in late Timurid and early Safavid Khorasan", *Studia Iranica* 1993, 22, 2: 167-217; M. Forcada (1995). "Şâ'id al-Bagdâdi y los antecedentes de la agronomia andalusí", *Al-Qanṭara* 1995, 16: 163-171.

⁷ Tra le opere principali: *al-Faxrî*, sulle equazioni differenziali, *al-Badi'*, complementare della precedente; *al-Kâfi fi-'l-Ḥisâb*, un compendio di calcolo per la pubblica amministrazione. Sono dispersi la *Risâlah fi-'l-istiqrâ*, sull'analisi indeterminata; il *Kitâb nawadir al-aškhâl* su problemi risolvibili algebricamente; uno scritto di argomento astronomico/astrologico, il *Kitâb al-madjal fi 'ilm al-nuyum*; il *Kitâb fi-'l-Ḥisâb al-Ḥind*, testo di calcolo indiano; il *Kitâb 'uqud wa al-abniyyah*, su problemi costruttivi.

Per la bibliografia fondamentale, cfr.: Woepcke, Franz (1934). *Extrait du Fakhri, traité d'Algèbre par Abou Bekr Mohammed ben Alhaçan Alkarkhî* (Paris: 1853); Levi della Vida, Giorgio. (1934). "Appunti e quesiti di storia letteraria araba", *Rivista di Studi Orientali* 1934, 14: 249 - 283, 250; Steinschneider, Moritz (1872). "Vite di Matematici arabi, tratte da un'opera inedita di Bernardino Baldi, Alcune osservazioni di G. G. Bouchon Brandely", *Bullettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche*, diretto da B. Boncompagni, 1872, anno V (copia anastatica, Bologna s.d.); Vernet, Juan (1974). "Mathematics, Astronomy, Optics", in: Schacht, Joseph e Bosworth, C. E. (eds.) *The Legacy of Islam* (II ediz.) (Oxford: 1974): 460 - 489.

fiscale⁸. Un testo datato intorno alla fine dell'XI secolo - *Kitâb al-hâwî li-'l-a'mâl al-sultâniyya wa rasûm al-hisâb al-diwâniyya* (Prontuario in uso presso operatori sultaniali per l'applicazione di regole di calcolo [dell'ufficio] del registro) – di ignoto arabografo⁹ descrive livelle simili ad alcune considerate in *L'Estrazione delle acque nascoste*, mantenendo, fra l'altro, la stessa successione. Ibn Waḥṣiyya, nel *Kitâb al-Filâḥa an-Nabaṭiyya* (Libro/Trattato di Agricoltura nabatea), nel IX secolo¹⁰, aveva accennato anch'egli a livelle semplici; mentre, alcuni codici della più tarda *magmu'a* (raccolta) *dar šenaxtan-e o sanjidan-e zaminhâ cegunagi* (Antologia sulla conoscenza delle modalità operative per la misurazione delle terre) della Bibliothèque Nationale di Parigi¹¹, ripropongono ancora elementari strumenti di misura descritti negli altri testi. La replica induce ad ipotizzare l'esistenza di un vero e proprio filone di "Trattati" tecnici ma, nello stesso tempo, mette in risalto l'originalità e l'innovazione delle livelle a lastra e a piastra ideate da Karajî.

2. LA STRUMENTAZIONE TOPOGRAFICA DI KARAJÎ

L'interesse per le matematiche viene esplicitato fin dalla prima pagina di *L'Estrazione delle acque nascoste*, laddove l'autore afferma:

Quando mi trovavo in Irâq e vedevo che la gente di quelle contrade è amante del sapere piccolo e grande, mi resi conto che amano e celebrano la scienza e la gente di scienza; mentre ero lì mi misi a scrivere di hisâb (Matematica) e di ḥandasa (Geometria),

tali esperienze furono fondamentali nella progettazione della strumentazione di misura. In Iraq, Karajî aveva ricoperto il ruolo di ingegnere di ponti, strade e canali; ritornato in Irân, decise di rendere disponibile la propria esperienza per i costruttori degli acquedotti avendo trovato «*manchevoli ed inutili allo scopo*» i testi altrui¹². Circa un terzo dell'opera riguarda il rilievo topografico e le livelle, che sono ripartite in: preesistenti, adattate e di nuova progettazione. Appartengono alla prima classe le livelle a tubo – di vetro di legno o di canna – con le varianti a due aperture o chiusa alle estremità; della seconda classe, fanno parte la livella perpendicolare a triangolo, la livella a braccio di bilancia la livella perpendicolare a forma quadrata, che lo studioso modifica e correda del teorema su cui basa il funzionamento (Figg. 1 e 2); la terza classe comprende le livelle di sua invenzione, a piastra ed a lastra con traguardo a tubo. Completano il corredo del topografo un misuratore pieghevole, aste da misurazione, corde ritorte e spalmate di cera per ottenere una uniforme distribuzione delle tensioni durante il tiro. Karajî dà informazioni sul materiale, sulle dimensioni e sulle postazioni dei topografi durante la misurazione. Sul livellamento effettuato con la lastra quadrata graduata, risultante dalla modifica di modelli più antichi l'autore scrive:

[...] Occorre anche ricordare che gli intervalli sulla palina devono essere identici l'uno all'altro; mentre le porzioni che sono contrassegnate sulla lastra non sono uguali fra loro.

⁸ Cahen, C. (ed.) (1977). *Les Peuples Musulmans dans l'Histoire médiévale* (Damas: 1977): 367-399.

⁹ Cfr.: Cahen, C. "Le Service de l'irrigation en Iraq au début du XI^e siècle", *Bulletin d'Études Orientales* 1949-1951, 13: 117-143.

¹⁰ Fahd, Toufic (1971). "Un Traité des Eaux dans al-Filâḥa an-Nabaṭiyya (Hidrogeologie, Hydraulique Agricole, Hydrologie)" *Atti del Convegno La Persia nel Medio Evo*, Roma 31 marzo-5 aprile 1970 (Roma: 1971): 277- 325.

¹¹ La raccolta probabilmente risale al XVI secolo, fu introdotta in Francia dal dotto Jean Thevenot, cfr.: Ferriello, Giuseppina (2005). *Fondamenti teorici dell'agrimensura persiana nella Majmu'a n° 169 di Parigi*, Congresso SISM, (Bologna: 2005, Preprint).

¹² Karajî, M. (1967). *Estexraj-e âbhâ-ye penhâni*, Tehrân, 1345H./1966-7: 1.

Grazie all'esistenza di questa differenza, ogni suddivisione di quelle citate è una frazione di quelle dell'asta. Il motivo per cui le suddivisioni della retta della lastra non sono identiche fra loro – come quelle contrassegnate sulla palina – è dovuto al fatto che, quando si fa scendere la fune dalla sommità dell'asta alla base, il movimento avviene secondo un arco [...]. Disegniamo un quadrilatero rettangolare (ABJD). Il segmento (AB) rappresenta la fune tesa fra le due paline; il segmento (AJ) una delle due paline ed il segmento (BD) l'altra palina. Quindi, suddividiamo in parti uguali – per esempio sei – la retta (AJ), dal centro (B), con raggio (AB) tracciamo un arco dentro il rettangolo (ABJD). Poi, dal punto (F) tracciamo una perpendicolare alla linea (AB) che supponiamo sia la stessa fune. Tale perpendicolare è espressa da (FH). Le suddivisioni della retta (AJ) sono le seguenti.¹³

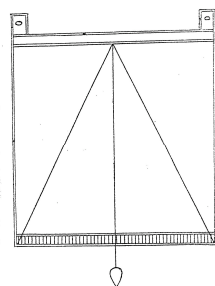


Fig. 1¹⁴: Livella quadrata

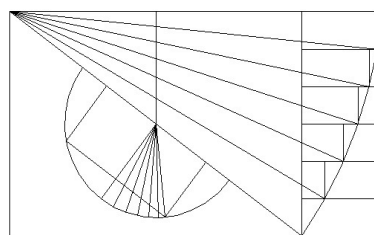


Fig. 2 Dimostrazione
(modificata da Karajî sulla scorta di precedenti modelli)

Innovative e in grado di accelerare le operazioni di rilievo sono livelle a lastra e a piastra, forse ispirate alla strumentazione astronomica; grazie a esse, la misurazione topografica tocca un apice raggiungibile grazie alla sintesi fra la matematica di derivazione alessandrina e quella di provenienza indiana, benché dopo il Mille sia ancora attestato l'impiego della livella ad acqua descritta fra quelle preesistenti e viste utilizzare da altri¹⁵. Le livelle di Karajî si basano sulla geometria e sull'ottica euclidea ed eroniana note in ambito protoislamico grazie alle traduzioni dei lavori di Euclide, di Apollonio, di Hypsicle, di Theodosio, di Aristarco di Samo, di Doroteo, di Archimede, di Erone di Alessandria, di Ipparco e di Pappo disponibili¹⁶. Fra i conoscitori di Euclide – che annoverava circa quaranta traduttori arabografi distribuiti dall'Irân alla Spagna – vanno citati Abû 'Alî, Abû al-Wafâ', Abû Ja'far al-Xwâzinî al-Xorâsânî, Abû Yusûf al-Râzî, al-'Abbâs al-Jawharî, Abû Nûh, Abû 'l-Qâsim al-Anâtaki, Abû 'Uthmân al-Dimaşqî, al-Ĥajjâj ibn Yusûf ibn Maţar, Ibn Râhawiyâh al-Arrajâni, al-Karâbisî, Thâbit ben Qorra, al-Mâhânî, al-Nayrizî, Naţîf, Qusţâ ben Lûqâ', gli Ixwân aş-Şafâ', Sa'id al-Dimaşqî, al-Ṭabarî, Sanad (oppure Sind) b. 'Alî, Yuḥannâ al-Qass e Naşîr al-Dîn al-Ṭusi. L'attrezzatura topografica in uso in Persia si ricongiunge al traguardo di Erone, tradotta in arabo dal persiano Abû Ja'far

¹³ Cfr.: Karajî, M., *Estextrâj cit.*: 74. Le traduzioni dal persiano sono dell'autrice di questo articolo.

¹⁴ A titolo esemplificativo si ripropongono la prima livella modificata da Karajî e la relativa immagine del teorema.

¹⁵ Oltre al *Kitâb al-Ĥâwî*, della livella ad acqua tratta anche la *magmu'a dar Şenaxtan-e o sanjidan-e zaminhâ cegunagi* (Antologia sulla conoscenza delle modalità operative per la misurazione delle terre), della Bibliothèque Nationale di Parigi, probabilmente del XVI secolo.

¹⁶ Cfr.: Ferriello, Giuseppina (1998). *Il sapere tecnico-scientifico fra Iran e Occidente, una ricerca nelle fonti*, Tesi di Dottorato in Studi Iranici, I.U.O. Napoli, anno accademico 1997/1998.

al-X^wâzinî al Xorâsânî (940 - 998), il quale la emendò producendo, successivamente, un proprio lavoro dall'omonimo titolo, del quale, purtroppo, oggi si sono perse le tracce. L'ultima livella della quale tratta Karajî è una sorta di moderno teodolite utilizzabile per misurare mete topografiche e distanze:

[...] Ho inventato una livella che, rispetto a tutte le altre, è migliore per effettuare il rilievo in modo più comodo e preciso, a condizione, però, che l'operatore sia esperto e pratico. La caratteristica di tale livella è questa: si sceglie una lastra circolare o quadrangolare, di ottone o di legno, e le si pratica un piccolo foro nella parte centrale. Si sceglie un tubo di ottone della misura di un palmo e mezzo [...] e che sia perfettamente dritto e solido ed abbia un foro grande quanto un ago da tappezziere. Il tubo, grazie ad un gancio che può passare attraverso il suddetto foro, viene sospeso al centro della lastra secondo l'immagine del goniometro dell'astrolabio [...].

Sul rilievo Karajî suggerisce:

Se si vuole misurare l'altezza di una montagna – per quanto essa sia vicina o lontana – e si sa che la sua altezza è rappresentata dalla lunghezza della retta verticale passante per la vetta della montagna e che fuoriesce dal suolo, tanto che bisogna intersecare il piano orizzontale passante per il sito in cui si staziona e che si prolunga sotto la montagna. Anche se si vuole conoscere la distanza che intercorre fra se stesso e la cima di una montagna, si operi nel seguente modo: si scelgano due siti posti allo stesso livello e si appenda lo strumento al proprio piedistallo; quindi si collochi la base del vettore nella distanza più vicina alla montagna e poi si miri con lo sguardo a lato della cima della montagna e (verso) il sito che è laterale al tubo e di cui si contrassegna il prolungamento che si interrompe in corrispondenza della lastra. Successivamente [...] ci si allontana da quel sito, in modo che il piedistallo verticale dello strumento venga a trovarsi sulla [retta] prolungata fra la cima della montagna e i due punti di vista, il primo ed il secondo. Conoscere ciò è facile. Si posizioni lo strumento al suolo e si miri col tubo verso la cima della montagna e si contrassegni il punto che viene a cadere su di esso a fianco del tubo. Quindi, si ottiene la frazione che ricade fra i due contrassegni e si appuntano le differenze. [...]. Se, invece, si vuole misurare la distanza che intercorre fra due indicatori – sia nel caso in cui i due indicatori siano vicini, sia nel caso in cui siano lontani [dall'osservatore] [...] si posiziona il tubo sulla linea che suddivide lo strumento in due parti uguali e si sposta l'apparecchio sulla propria base; si fissa uno dei due indicatori attraverso il foro del tubo. Successivamente si prova l'apparecchio al proprio posto in modo che, con il movimento del tubo, non venga spostato dalla sua posizione; a quel punto si scrolla il tubo in modo che, attraverso il suo foro, si possa vedere il secondo indicatore e si contrassegna sulla lastra il punto in cui [cade] l'estremità del tubo [...]. Conoscere la distanza fra due montagne è lampante e chiaro e non comporta alcun dubbio; qualora di due triangoli simili si conoscano due lati dell'uno ed un lato dell'altro, è possibile, infatti, calcolare i lati incogniti.¹⁷

Gli argomenti affrontati nel trattato sono numerosi e vari, tanto che lo stesso autore non è convinto di averli esauriti tutti. Infatti conclude:

Questa è la sintesi dei principali argomenti relativi all'estrazione dell'acqua. Pur conoscendo tali contenuti, so, tuttavia, che il tema non sarà esaurito né sintetizzando l'intero discorso, né ampliandolo. Sono debitore ad Allâh della copiosa grazia e degli sconfinati favori che la sorte mi ha concesso ed invoco la benedizione sul Suo Messaggero Maometto, sulla sua nobile stirpe e sui suoi innocenti.

¹⁷ Karajî, *Estextrâj-e cit.*: 98, 105. La descrizione è accompagnata da teoremi.