

وان شارب مورد صرف وان شارب اصفر صرف وان شارب اخضر صرف
وان شارب نصب من كل لون من الاربعة ممزوجة بنصفه شارب
ونصفه مازوان شارب فثلث شراب وثلثان مازوان شارب
فخمس شراب واربعة اخماس مازون بحسب اختياره وهذه صور
ظاهر الباطية بالغطاء والبزاة والكعب

Un Leonardo da Vinci kurdo all'epoca delle Crociate

Al-Jazari e i primi
robot umanoidi programmabili

di Alberto Arecchi

الفصل الثاني في كيفية
تخذ الشبه باطية كبيرة جالسة على ك
ونصف وتخذ للباطية غطاء كالقبة وعلى

بالثقاله ومتى اشعلت
 الشمعة اول الليل
 فان الشمع تذهب
 النار وترتفع الشع
 تجذب الثقاله لها
 حتى يرتفع الكفة
 عن بندقة واحد
 والماضي من الليل
 بساعة مستوية فيقع
 البندقة الى الكفة
 المتصلة بخيط
 وهو المتصل بفاضل
 يد الغلام وعليه
 م فنزل البندقة
 في الكفة حتى
 مجلس الكفة
 ارض م ويتحرك
 ويخرج الى راس

Prima di Leonardo da Vinci ci fu Al-Jazari, il genio d'ingegneria del mondo islamico nel Medioevo: inventò l'albero a camme, progettò e costruì una serie d'automi, compreso il primo robot umanoide programmabile. Uno degli automi costruiti da Al-Jazari era una barca, con quattro musicisti meccanici, che galleggiava su un lago per intrattenere gli ospiti, durante le feste regali. Aveva due batteristi, un arpista e un flautista. Il cuore del meccanismo era un albero rotante cilindrico con pioli (camme) sporgenti. Questi agivano su levette che azionavano le percussioni. La batteria poteva suonare ritmi diversi, bastava spostare i pioli. In altre parole si trattava d'una batteria automatica, programmabile. "Sarebbe interessante sapere se Al-Jazari avesse programmato dinamicamente le sue macchine" dice Noel Sharkey, professore di Computer Science "ed è molto probabile che egli avesse usato questo sistema, per lo meno, per mettere a punto il ritmo dei musicisti".

Al-Jazari (1136-1206)

Al-Shaykh Rais Al-Amal Badi al-Zaman Abu al-'Izz Ibn Ismail ibn al-Razzaz Al-Jazari (1136-1206 d.C.) visse durante l'Età dell'oro dell'Islam (sec. VI Hegira, il nostro Medio Evo). Fu un importante, eclettico studioso, inventore, ingegnere meccanico, abile artigiano, artista, matematico e astronomo.

Il nome, completo degli attributi professionali, come è scritto sopra, significa: "Il capo ingegnere anziano, il migliore di tutti i tempi, il rispettatissimo figlio di Ismail, nipote di Razzaz, Al-Jazari". È rimasto celebre nella storia della scienza e della tecnica, per avere scritto e illustrato l'opera *"Al-Jami 'bayn al-'ilm wa-'l-'amal al-nafi fi sinat al-hiyal"* ("Teoria e pratica nella progettazione di meccanismi") o *"Kitāb al-fīma'rifat al-hiyal-handasiyya"* ("Libro della conoscenza di ingegnosi dispositivi meccanici") completata alla fine della sua vita, dopo sette anni di stesura, all'inizio del 1206. In quell'opera egli descrisse i progetti d'una cinquantina di dispositivi meccanici, insieme a precise istruzioni su come costruirli.

Poco si sa della vita di Al-Jazari, e la maggior parte delle notizie biografiche deriva dalla sua stessa introduzione al "Libro della conoscenza di ingegnosi dispositivi meccanici". Come suo padre prima di lui, fu ingegnere capo presso il Palazzo Artuklu, residenza del ramo Diyarbakir della dinastia turca Urtuq o Artuqid, che governava tutta l'Anatolia orientale, prima sotto i principi Zangid di Mosul e poi agli ordini del generale Saladino (Salah al-Din Yusuf ibn Ayyub). (nota 1) Lavorò al servizio di tre principi: Nur al-Din Muhammad ibn Arslan (1174-1185), Qutb al-Din Sukman ibn Muhammad (1185-1200) e Nasir al-Din Mahmud ibn Muhammad (1200-1222).

Il 2 ottobre 1187 Gerusalemme s'era arresa a Saladino. Seguirono la terza e la quarta Crociata, dal 1189 al 1204.

Il soprannome "Al-Jazari" deriva dalla terra natia, al-Jazira (l'Isola), nome arabo alla Mesopotamia, oggi Iraq nord-occidentale, la regione racchiusa come un'isola





tra il corso del Tigri e quello dell'Eufrate, patria del popolo kurdo. L'attributo Al-Jazari era usato dai popoli circostanti per indicare personaggi di origini kurde. Per questo motivo, e per il fatto che servisse presso una corte del cuore dell'Anatolia, c'è chi pensa che Al-Jazari, come il generale Saladino, fosse di stirpe kurda, della tribù Botan. Egli ereditava una tradizione familiare d'artigiani ed era quindi più di un pratico ingegnere e di un geniale inventore. (nota 2) Sembra che egli fosse "più interessato alla maestria necessaria per costruire i propri meccanismi, che non alla tecnologia che si trovava dietro di loro". Le sue macchine erano di solito "assemblate grazie a successive prove di aggiustamento e all'esperienza dei successivi errori, piuttosto che derivate da calcoli teorici". (nota 3)

Il "Libro della conoscenza di ingegnosi dispositivi meccanici" divenne molto popolare, tanto che fu riprodotto e tramandato in un gran numero di copie manoscritte. Secondo Mayr, il suo stile somiglia a quello di un moderno libro di bricolage "fai da te". (nota 4) Come spiega in più circostanze, l'autore descrive soltanto meccanismi che egli stesso ha saputo costruire. Alcuni di essi erano ispirati da dispositivi precedenti, come ad esempio un orologio ad acqua monumentale, basato su quello di un certo Pseudo-Archimede. (nota 5)

Grandi opere

"Al-Jami 'bayn al-'ilm wa-'l-'amal al-nafi' fi sanat' al-hiyal" (Teoria e pratica nella progettazione di artifici) è di gran lunga il libro più interessante di Al-Jazari. Egli fu incaricato di compilare questo libro da Nasir al-Din Mahmud ibn Muhammad Ibn Qura, uno dei Sultani della dinastia Urtuq, in Diyarbakir. Si tratta del libro più bello scritto nel Medioevo sui motori meccanici e idraulici. Vi si trovano condensati venticinque anni di studi e ricerche nella meccanica di orologi, fontane e giochi d'acqua e motori per il sollevamento di pesi.

Molte copie di questo libro sono conservate in diversi musei in tutto il mondo, come il Topkapi a Istanbul, il Museum

of Fine Arts di Boston, il museo del Louvre in Francia e la Oxford Library. Il libro ebbe una vasta notorietà in Occidente. Nel corso del XX secolo è stato parzialmente tradotto in tedesco, poi Donald Hill, specializzato nella storia della tecnologia araba, l'ha anche tradotto in inglese. L'Istituto del Patrimonio Scientifico di lingua araba ha edito la versione araba moderna ad Aleppo, Siria, nel 1979, con le annotazioni di Ahmed Yussuf.

Meccanismi, progettazione e metodi costruttivi

Ibn ar-Razaz era intento ad associare le scienze teoriche meccaniche conosciute in quel tempo e gli aspetti pratici applicativi. Progettò una serie di diversi motori meccanici, come ad esempio il compressore, la





CandleClock

gru, il vettore e il nastro trasportatore. Fornì una descrizione accurata del montaggio esatto di orologi che hanno preso i nomi dalle loro forme particolari: un elefante, una scimmia, un arciero, un attore o un batterista... Deduciamo dal libro che egli ideò un gran numero di modelli meccanici, ma si limitò a descriverne solo una cinquantina. Donald Hill afferma che Al-Jazari elaborò orologi ad acqua utilizzando stoppini di lampade, strumenti di misura, fontane, strumenti musicali e pompe per sollevare l'acqua. Egli ideò anche un bollitore con un coperchio a forma d'uccello, che emetteva un breve sibilo ogni volta che l'acqua entrava in

ebollizione. Aldo Milli afferma anche che Al-Jazari ideò un orologio ad acqua con due braccia che puntavano al tempo (come due lancette).

Al-Jazari segue la tradizione greca di Ctesibio e di Herone di Alessandria. Molte sue invenzioni possono oggi apparire banali, ma l'aspetto più significativo delle sue macchine sono i meccanismi, componenti, idee, metodi e caratteristiche costruttive utilizzati. (nota 1) Un albero che porta una serie di camme appare per la prima volta nel suo libro, per azionare automi, (nota 6) orologi ad acqua, nell'orologio a candela e in altre macchine. (nota 6) L'albero a camme apparve nei meccanismi

europei solo più tardi, a partire dal XIV secolo. (nota 7)

Il manico del mulino portatile a rotazione, montato eccentricamente, nella Spagna del V secolo a.C., aveva diffuso in tutto l'Impero romano il concetto della manovella. (nota 8) Manovelle erano note anche nella Cina degli Han, nei progetti dei fratelli Banu Musa, mentre la prima testimonianza di un meccanismo biella-manovella è datata al III secolo d.C. (nella segheria di Hierapolis, durante l'Impero Romano). (nota 8) Nel 1206, Al-Jazari inventò uno dei primi alberi a gomiti, (nota 9/10) con una manovella che collegava il meccanismo all'asta nella sua pompa bicilindrica. (nota 11) L'albero a manovella (nota 9/10) trasforma il moto rotatorio continuo in un moto lineare alternato (nota 11) ed è fondamentale per le macchine moderne, come la macchina a vapore, il motore a combustione interna e i controlli automatici. (nota 10/12) Come nell'albero motore moderno, in questo meccanismo una ruota faceva muovere una serie di manovelle collegate. Il movimento della ruota era circolare, mentre le manovelle si spostavano avanti e indietro in linea retta. (nota 9) In due delle sue macchine usò una biella per sollevare l'acqua. Si tratta della manovella d'una pompa a catena per l'irrigazione, e del pistone a doppia azione alternativa di una pompa aspirante. (nota 11/13c)

Donald Routledge Hill scrive: "Si trovano per la prima volta nell'opera di Al-Jazari diversi concetti importanti sia per la progettazione sia per la costruzione: la laminazione del legno per ridurne al minimo le deformazioni, il bilanciamento statico delle ruote, l'uso di modellini di legno e di modelli cartacei per definire i disegni, la calibrazione dei fori, la finitura delle sedi e dei tappi delle valvole con polvere di smeriglio, per ottenere una tenuta stagna, e la fusione dei metalli in stampi a chiusura stagna, con sabbia". (nota 1)

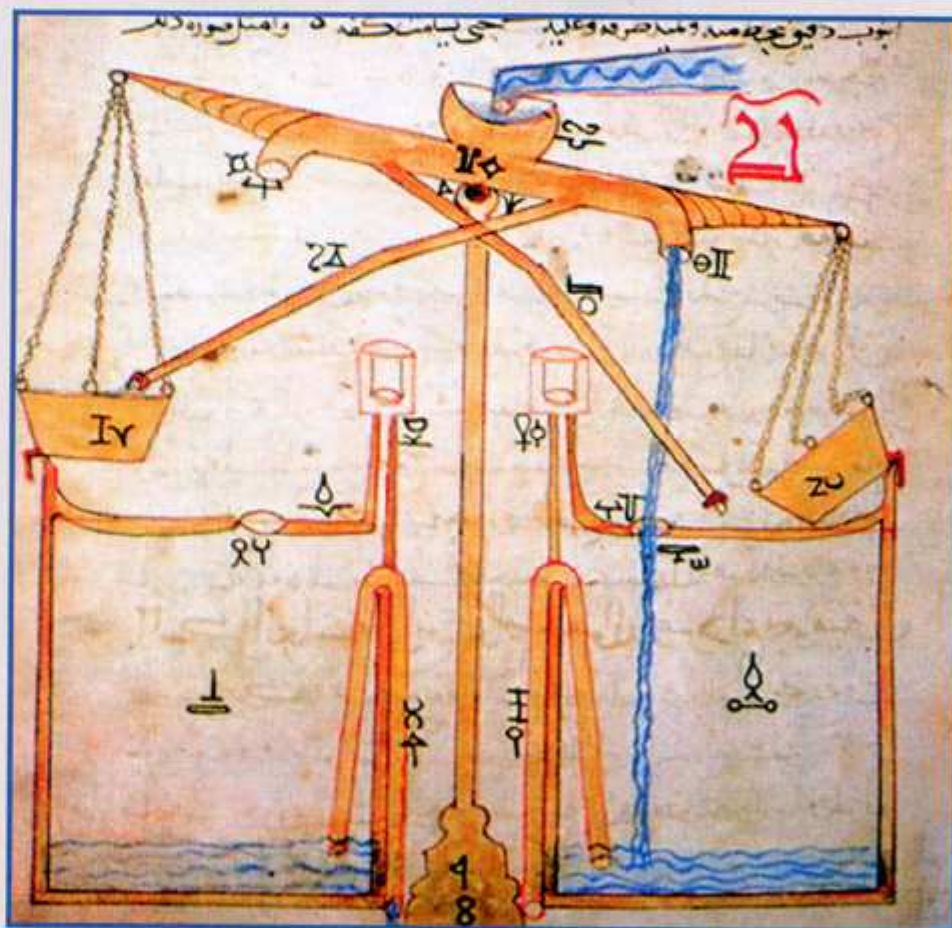
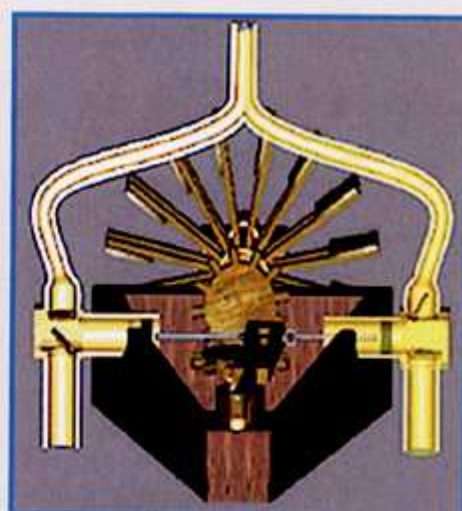
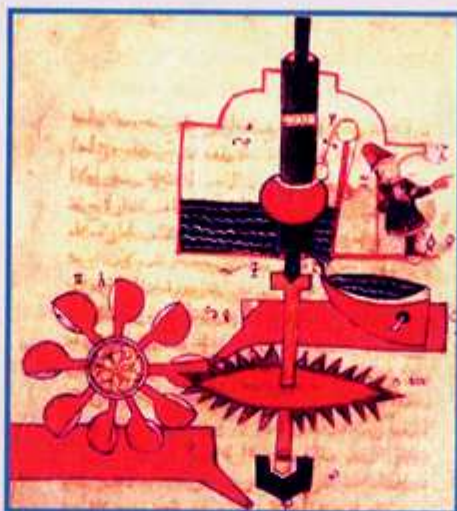
Al-Jazari inventò un metodo per il controllo della velocità di rotazione di una ruota con un meccanismo a scappamento. Secondo Donald Routledge Hill, Al-Jazari fu il primo a descrivere



controlli meccanici, tra cui "una grande porta di metallo, un lucchetto a combinazione e una serratura con quattro bulloni". (nota 1) Una catena segmentale è "un pezzo che riceve o comunica movimento alternato da o verso una cremagliera, costituito da un settore di un ingranaggio circolare, o un anello, con ingranaggi alla periferia, o sulla superficie di riscontro". (nota 14) Il professor Lynn Townsend White Jr. ha scritto: "Le catene segmentali appaiono per la prima volta in modo chiaro in Al-Jazari. In Occidente, esse compaiono nell'orologio astronomico realizzato a Pavia dal padovano Giovanni Dondi, finito nel 1364, e solo con il grande ingegnere senese Francesco di Giorgio Martini (1438-1501) entrano nel vocabolario generale del progetto europeo di macchine". (nota 15)

Macchine idrauliche

Al-Jazari inventò cinque macchine per pompare l'acqua, (nota 16) nonché mulini e ruote ad acqua con alberi a camme, per far muovere automi. (nota 17) In queste macchine ad acqua introdusse le sue idee e i componenti più importanti. Il primo uso conosciuto di un gomito in una "pompa a catena" si trova in una delle sue macchine per l'irrigazione. Costruì una pompa a catena per sollevare l'acqua, mossa dalla stessa energia idraulica, anziché dal lavoro manuale. I cinesi utilizzavano già da tempo l'energia idraulica per le pompe a catena. Macchine per sollevare l'acqua come quelle qui descritte furono in uso per rifornire d'acqua Damasco dal XIII secolo sino all'epoca moderna ed erano d'uso quotidiano in tutto il mondo islamico. (nota 18/19) Sviluppò il primo sistema d'approvvigionamento idrico, azionato dall'energia idraulica, costruito nel XIII secolo a Damasco per l'approvvigionamento idrico delle moschee e degli ospedali (*Bimari-stan*). Il sistema prelevava l'acqua da un lago, grazie ad un complesso di ruote e d'ingranaggi che versava l'acqua in un canale, il quale a sua volta la portava sino alle moschee e agli ospedali della città. (nota 23)



Pompa aspirante a doppia azione con valvole e moto alternato del pistone

Questa pompa è nota per essere (secondo le parole dello stesso Al-Jazari) una copia del grande sifone bizantino (utilizzato per il pompaggio del Fuoco Greco). (nota 20)

Nel 1206, descrisse le prime pompe

aspiranti con tubi a vuoto parziale, pompe a doppia azione, fece uso precoce di valvole e di un meccanismo gomito/biella e inserì un pistone bicilindrico alternativo in una pompa aspirante. Questa pompa è azionata da una ruota ad acqua che comanda, attraverso un sistema d'ingranaggi, un bilanciere oscillante cui sono collegate le aste di due pistoni. I pistoni lavora-

no in cilindri orizzontali contrapposti, ciascuno dotato di valvole d'aspirazione e tubi di consegna. I tubi di consegna sono uniti sopra il centro della macchina per formare un unico sbocco nel sistema d'irrigazione. Questa può essere l'unica macchina ad acqua di Al-Jazari che abbia avuto una sensibile rilevanza diretta per lo sviluppo dell'ingegneria moderna. Questa pompa è degna di nota per tre motivi: (nota 1/21/22)

- * Il primo uso conosciuto in una pompa di un vero tubo d'aspirazione (che succhia i fluidi tramite un vuoto parziale).

- * La prima applicazione del principio a doppio effetto.

- * La conversione di un moto rotante a movimento alternato, tramite il meccanismo di asta e manovella.

La pompa aspirante a pistoncini poteva sollevare l'acqua sino a 13,6 metri, con l'aiuto di tubi di trasmissione. Si trattava d'un meccanismo più avanzato delle pompe aspiranti che apparivano nell'Europa del XV secolo, alle quali mancavano i tubi di trasmissione. Non era, tuttavia, più efficiente delle norie, comunemente utilizzate nel mondo musulmano alla sua epoca. (nota 22)

Automi

Al-Jazari costruì un automa con pavoni mossi dall'energia idraulica, (nota 24) inventò il più antico cancello automatico mosso da energia idraulica, (nota 23) creò porte automatiche come parte di uno dei suoi elaborati orologi ad acqua (nota 1) e progettò e costruì una serie d'altri automi, comprese macchine automatiche, attrezzature domestiche e automi musicali mossi dall'acqua. Inventò anche ruote ad acqua con alberi a camme, per azionare gli automi. (nota 17) Secondo l'*Encyclopaedia Britannica*, Leonardo da Vinci, celebre inventore del Rinascimento italiano, potrebbe essere stato influenzato dagli automi di Al-Jazari. Mark E. Rosheim riassume i progressi nella robotica fatti dagli ingegneri arabi, in particolare da Al-Jazari, con queste frasi: "A differenza dei modelli greci, gli esempi arabi rivelano un interesse non solo per l'illusione drammatica, ma nel manipolare l'ambiente per il benesse-





barca automatica

re dell'uomo. Pertanto, il più grande contributo fornito dagli arabi, oltre a conservare, diffondere la base dei lavori dei Greci, fu il concetto d'applicazione pratica. Questo era l'elemento chiave che mancava nella scienza robotica dei Greci". (nota 25) "Gli arabi, d'altra parte, mostravano un interesse per la creazione umana, come le macchine per scopi pratici, ma mancava in loro, come nelle altre società pre-industriali, ogni vero impulso a sviluppare la loro scienza robotica". (nota 26)

Uno degli automi umanoidi di Al-Jazari era una cameriera che poteva servire acqua, tè o altre bevande. La bevanda era immagazzinata in un serbatoio da dove le gocce scendevano in un secchio e, dopo sette minuti, in una tazza, dopo di che la cameriera sembrava uscire da una porta automatica per servire la

bevanda. Inventò un automa per il lavaggio delle mani, dotato di un meccanismo a filo, come quello oggi utilizzato nei moderni scarichi delle toilettes. Si trattava di un automa umanoide femminile, in piedi, con una bacinella piena d'acqua. Quando l'utente azionava la leva, l'acqua si scaricava e poi l'automa ricaricava la bacinella. (nota 27)

La "fontana del pavone" di Al-Jazari era un dispositivo di lavaggio delle mani ancor più sofisticato, con automi umanoidi come servi, che offrivano sapone e asciugamani. Mark E. Rosheim lo descrive come segue: (nota 25) "Tirando una penna della coda del pavone si faceva uscire l'acqua dal suo becco. L'acqua sporca che usciva dal bacino riempiva la base cava d'un galleggiante, che si alzava e stabiliva un contatto che faceva apparire la figura d'un servo da

dietro una porta sotto il pavone, e questi porgeva il sapone. Quando l'acqua non era più utilizzata, un secondo galleggiante si muoveva a un livello superiore e provocava la comparsa d'una seconda figura di servo, con un asciugamano!" Nella sua opera, Al-Jazari descrive fontane e automi musicali, in cui il flusso di acqua si alterna da un serbatoio di grandi dimensioni ad un altro a tariffa oraria o semi/intervalli di un'ora. Questa operazione era realizzata attraverso l'uso innovativo della commutazione. (nota 1)

Al-Jazari creò un automa musicale, una barca automatica con quattro musicisti che galleggiava su un lago per intrattenere gli ospiti nelle feste reali. Il professor Noel Sharkey ha sostenuto che sia stato molto probabilmente uno dei primi automi programmabili e ha

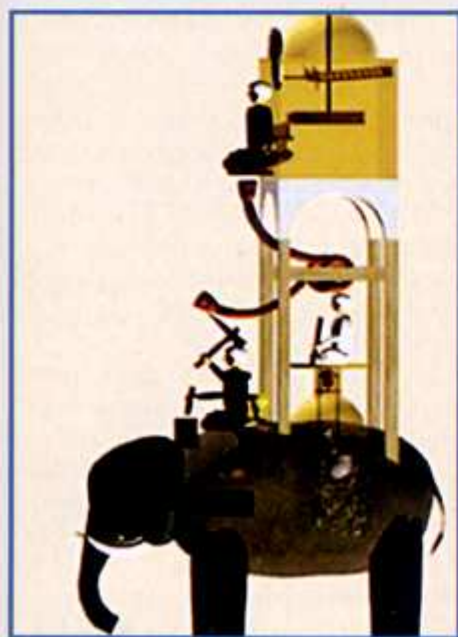
prodotto una possibile ricostruzione del meccanismo; ha una drum machine programmabile con pioli (camme) che s'imbattono in piccoli leve che gestiscono le percussioni. Il batterista potrebbe essere fatto per giocare ritmi diversi e differenti pattern di batteria, se i pioli sono stati spostati. (nota 28) Secondo Charles B. Fowler, gli automi erano una "banda di robot" ed erano capaci di compiere "più di cinquanta movimenti del viso e del corpo, durante ogni esecuzione musicale". (nota 29)

Orologi

Al-Jazari costruì diversi tipi d'orologi ad acqua e a candela. Fra questi, un orologio portatile ad acqua, a forma di scriba, alto un metro e largo mezzo, ricostruito con successo allo Science Museum di Londra nel 1976. Lo scriba con la penna è stato definito come l'equivalente, per l'epoca, di un moderno orologio da polso. (nota 17/30) Al-Jazari inventò monumentali orologi astronomici azionati ad acqua, che seguivano i movimenti del Sole, della Luna e delle stelle. Secondo Donald Routledge Hill, Al-Jazari progettò i più sofisticati orologi a candela mai conosciuti. Ecco come Hill ha descritto uno di questi orologi: (nota 1) "La candela, la cui velocità di combustione era nota,

si appoggiava contro la parte inferiore del tappo, e il suo stoppino passava attraverso il foro. La cera che scendeva era raccolta e poteva essere rimossa periodicamente, in modo che non interferisse con la combustione regolare. La parte inferiore della candela riposa-

va in un piatto piano, che aveva un anello sul bordo, collegato tramite pulegge ad un contrappeso. A mano a mano che la candela bruciava, il peso era spinto verso l'alto ad una velocità costante. Gli automi erano azionati dal piatto sul fondo della candela.



L'orologio con l'elefante



L'orologio castello

Non sono noti altri orologi a candela di tale raffinatezza". L'orologio a candela comprendeva anche un quadrante per visualizzare l'ora e, per la prima volta, impiegava un montaggio a baionetta, un meccanismo di fissaggio ancora usato in tempi moderni.

L'orologio con l'elefante di Al-Jazari si distingue per diverse innovazioni. Fu il primo orologio in cui un automa si muoveva a determinati intervalli di tempo (in questo caso, un robot umanoide colpisce il piatto e ne sale un cinguettio d'uccelli robot meccanici) e il primo orologio ad acqua che segnasse accuratamente il ritmo diverso delle ore, adattandosi alla lunghezza irregola-

re del giorno lungo tutto l'anno, d'estate e d'inverno. (nota 31)

Il più grande orologio astronomico di Al-Jazari era però l'orologio "castello", considerato il primo computer analogico programmabile: (nota 6) un dispositivo complesso, alto circa tre metri e quaranta centimetri, che aveva molteplici funzioni, oltre alla misura del tempo. Includeva una visualizzazione dello zodiaco e le orbite del sole e della luna. Un aspetto innovativo era un puntatore a forma di falce di luna, che si spostava attraverso la parte superiore d'un passaggio con porte, mosso da un meccanismo nascosto, e faceva aprire le porte automatiche, dietro ciascuna delle

quali appariva un manichino, ad ogni ora. (nota 1/32) Un'altra caratteristica innovativa era la capacità di variare quotidianamente la lunghezza del giorno e della notte, in modo di cambiarne la lunghezza, lungo tutto l'anno. Un altro aspetto innovativo del meccanismo era costituito da cinque musicisti robotici, che suonavano automaticamente quando erano mossi da leve comandate da un albero a camme nascosto, collegato a una ruota ad acqua. (nota 6) Altri componenti dell'orologio a castello comprendevano un serbatoio principale con un galleggiante, una vaschetta e un regolatore di flusso, piatto e valvola attraverso due pulegge, disco a mezzaluna per la visualizzazione dello zodiaco, e due automi a forma di falchi, che facevano cadere le sfere nei vasi. (nota 33)

Conclusioni

Il successo di Al-Jazari è dovuto al fatto che molti dei suoi dispositivi sono stati ricostruiti nel tempo, secondo le sue istruzioni. Oltre ad ottenere notevoli successi come inventore e ingegnere, egli fu anche un artista. Nel "Libro della conoscenza di ingegnosi dispositivi meccanici" lasciò istruzioni precise per realizzare le sue invenzioni, illustrate con dipinti in miniatura, secondo lo stile dell'arte islamica medievale. Altri inventori spesso non riescono a fornire dettagli sufficienti per l'esecuzione dei loro progetti, perché tra l'altro essi non sono gli stessi artigiani esecutori, oppure perché hanno mantenuto i loro segreti o, se erano artigiani, avrebbero potuto essere analfabeti. Al-Jazari in questo senso è stato unico, e questo dà alla sua opera un valore immenso. Il suo libro, afferma Hill, è una ricchezza assoluta d'ingegneria meccanica per il mondo islamico.

È possibile che esistano altre opere su tali argomenti, in qualcuno delle migliaia di manoscritti arabi conservati nelle biblioteche, che richiedono ancora un'attenta analisi da vicino e, ovviamente, richiedono d'essere letti e decifrati.

L'altra questione è legata alla trasmissione della tecnologia avanzata. Nelle sue conclusioni, Hill afferma la speran-

za che, con il procedere della ricerca, si possa fornire una prova più solida della trasmissione dell'evoluzione tecnologica dall'area islamica in Europa. Hill offre anche alcuni suggerimenti: la via più probabile per la trasmissione doveva essere la Spagna. Gli sviluppi della tecnologia di punta poterono seguire lo stesso percorso di diffusione dell'astrolabio, a sua volta parte della stessa evoluzione tecnologica. Oltre alla Penisola iberica, altri tramiti di tale tipo di trasferimento poterono essere la Sicilia, il mondo bizantino, la Siria e il mondo delle Crociate.

NOTE

1. Donald R. Hill, "Mechanical Engineering in the Medieval Near East", *Scientific American*, May 1991, pp. 64-9 (cf. Donald Routledge Hill, *Mechanical Engineering*).
2. Donald R. Hill, in *Dictionary of scientific biography*, 15, suppl. I, p. 254.
3. G.R. Tibbetts, "Review: Donald R. Hill, *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices* (Kitab fi ma'rifat al-hiyal al-handasiyya), by Ibn al-Razzaz al-Jazari", *Bulletin of the School of Oriental and African Studies* (University of London) 38 (1), 1975: 151-153 [152].
4. Otto Mayr, *The Origins of Feedback Control*, MIT Press, 1970, pp. 32-33.
5. Ahmad Y Hassan, *Al-Jazari and the History of the Water Clock*.
6. Georges Ifrah, *The Universal History of Computing: From the Abacus to the Quantum Computer*, 2001, p. 171, Trans. E.F. Harding, John Wiley & Sons, Inc. (V. [1]).
7. A. Lehr, *De Geschiedenis van het Astro-nomisch Kunstuurwerk*, p. 227, Den Haag, 1981. (V. [2]).
8. Tullia Ritti, Klaus Grewe, Paul Kessener: "A Relief of a Water-powered Stone Saw Mill on a Sarcophagus at Hierapolis and its Implications", *Journal of Roman Archaeology*, Vol. 20 (2007), pp. 138-163 (159).

9. Sally Ganchy, Sarah Gancher, *Islam and Science, Medicine, and Technology*, The Rosen Publishing Group, 2009, p. 41.
10. Paul Valley, *How Islamic Inventors Changed the World*, *The Independent*, 11 March 2006.
11. Ahmad Y Hassan, *The Crank-Connecting Rod System in a Continuously Rotating Machine*.
12. Donald Routledge Hill, *Studies in Medieval Islamic Technology II*, 1998, p. 231-232.
13. A. F. L. Beeston, M. J. L. Young, J. D. Latham, Robert Bertram Serjeant (1990), *The Cambridge History of Arabic Literature*, Cambridge University Press, pp. 270-1.
14. Donald Routledge Hill, "Engineering", in Roshdi Rashed, ed., *Encyclopedia of the History of Arabic Science*, Vol. 2, p. 751-795 [792]. Routledge, London and New York.
15. *The Automata of Al-Jazari*. The Topkapi Palace Museum, Istanbul.
16. Al-Jazari, *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices: Kitāb fi ma'rifat al-hiyal al-handasiyya*, translated by P. Hill (1973), Springer Science+Business Media.
17. Donald Routledge Hill (1996), *A History of Engineering in Classical and Medieval Times*, Routledge, p. 224.
18. Donald Routledge Hill, "Engineering", in Roshdi Rashed, ed., *Encyclopedia of the History of Arabic Science*, Vol. 2, p. 751-795 [776]. Routledge, London and New York.
19. Ahmad Y Hassan, *Al-Jazari and the History of the Water Clock*.
20. *A History of Engineering in Classical and Medieval Times: Irrigation and water supply; Dams; Bridges; Roads; Building construction; Surveying Part two, Mechanical engineering: Water-raising machines; Power from water and wind Part three, Fine technology: Instruments; Automata; Clocks...* By Donald Routledge Hill Publ. by Routledge, 1996, p. 150.
21. Ahmad Y Hassan, "The Origin of the Suction Pump: Al-Jazari 1206 A.D.", <http://www.history-science-technology.com/Notes/Notes%202.htm>. Rivisto 16-7-2008.

22. Donald R. Hill, *A History of Engineering in Classical and Medieval Times*, Routledge, 1996, pp. 143 & 150-2.
23. Howard R. Turner, *Science in Medieval Islam: An Illustrated Introduction*, p. 181, University of Texas Press, 1997.
24. Al-Jazari (Islamic artist), *Encyclopædia Britannica*.
25. Rosheim, M. E., *Robot Evolution: The Development of Anthropotics*, Wiley-IEEE, 1994, p. 9.
26. Rosheim, M. E., *Robot Evolution: The Development of Anthropotics*, Wiley-IEEE, 1994, p. 36.
27. Rosheim, M. E. (1994), *Robot Evolution: The Development of Anthropotics*, Wiley-IEEE, pp. 9-10.
28. Noel Sharkey, *A 13th Century Programmable Robot*, University of Sheffield.
29. Ch. B. Fowler, "The Museum of Music: A History of Mechanical Instruments", *Music Educators Journal* 54 (2), oct. 1967: 45-49.
30. Ibn al-Razzaz Al-Jazari, *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices*, Tradotto e annotato da Donald Routledge Hill, Dordrecht / D. Reidel, ed. 1974, part II.
31. Ahmad Y Hassan; Donald R. Hill, *Islamic Technology: An Illustrated History*, Cambridge University Press, 1986, p. 57-59.
32. Howard R. Turner, *Science in Medieval Islam: An Illustrated Introduction*, p. 184, University of Texas Press, 1997.
33. Salim Al-Hassani, "How it Works: Mechanism of the Castle Clock". FSTC. <http://muslimheritage.com/topics/default.cfm?ArticleID=901>, 13-3-2008. Rivisto 6-9-2008.

Bibliografia

- Al-Jazari, *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices: Kitāb fi ma'rifat al-hiyal al-handasiyya*, Springer, ed. 1973.
- Donald Routledge Hill, *A History of Engineering in Classical and Medieval Times*, 1996.

