NASHR-E RIYĀZI

Volume 9, Number 2, October 1998

Nashr-e Riyāzi is a Persian-language, expository mathematics journal published biannually (in April and October) by Iran University Press.

Annual subscription rates (including airmail postage) are: Middle East £ 18, Europe & Asia £ 20, North America & Far East £ 25.

For more information write to Iran University Press, 85 Park Avenue, Tehrān 15134, Iran, or contact ⟨nashriaz @vax. ipm. ac. ir⟩.

CONTENTS

* An asterisk indicates that the article was originally published elsewhere; complete address of the original article appears at the end of the article.

ISSN: 1015-2857

نشر ریاضی

سال ۹، شمارهٔ ۲

تاریخ انتشار: شهریور ۱۳۷۷

شمارهٔ پیاپی: ۱۸

nashriaz@rose.ipm.ac.ir

صاحب امتیاز: مرکز نشر دانشگاهی

مدیر مسؤول: سیاوش شهشهانی

فهرست

روی جلد

طرحی از موریتس کورنیلس اشر (۱۸۹۸-۱۹۷۲)
تقسیم منظم صفحه VI، ۱۹۵۷
به مناسبت صدمین سالگرد تولد اشر

نوار ویدئویی مربوطه را می‌توانید از انجمن ریاضی آمریکا خریداری کنید.

12. Alpay Özdural, On interlocking similar or corresponding figures and ornamental patterns of cubic equations, *Muqarnas* **13** (1996), pp. 191-211;

همچنین نگاه کنید به

Alpay Özdural, Omar Khayyām, Mathematicians and *Conversazioni* with Artisans, *Journal of the Society of Architectural Historians* **54** (1995), pp. 54-71.

۱۳. غلامحسین مصاحب، حکیم عمرخیام به عنوان عالم جبر، چاپ بهمن، ۱۳۳۹، ص ۵۹_۷۴.

۱۴. این متن به پیوست کتاب زیر (ص ۷۳_۹۳) چاپ شده است

هندسهٔ ایرانی، کاربرد هندسه در عمل، ابوالوفاء محمدبن محمدالبوزجانی، برگردان به عبارت روز و گردآوری ضمیمه از سیدعلیرضا جذبی، سروش، تهران، ۱۳۶۹.

۱۵. *اجوبه عن مسائل سئلها عنه بعض مهندسی شیراز*، نسخهٔ خطی کتابخانهٔ ملی پاریس، مجموعهٔ نسخ عربی، شمارهٔ ۲۴۵۷، برگهای ۱۵۱ تا ۱۵۶.

16. David A. King, Medieval Astronomical Instruments: A Catalogue in Preparation. *Bulletin of the Scientific Instrument Society* bf **31** (dec. 1991), pp. 3-7.

17. David A. King, Strumentazione astronomica nel mondo medievale islamico, in: G.L. Turner (ed.), *Gli strumenti*=vol. 1 of P. Galluzzi (ed.) *Storia della scienza*, Torino 1991, pp. 154-189, 581-585;

همچنین مراجعه کنید به

A. King, Astronomical Instruments between East and West, in *Kommunikation zwischen Orient und Okzident, Alltag und Sachkultur*, Wien: Österreichische Akademie der Wissenschaften, 1994, pp. 143-198.

۱۸. مولانا جلال‌الدین رومی، *کتاب فیه‌مافیه*، با تصحیحات و حواشی بدیع‌الزمان فروزانفر، چاپ سوم، تهران، ۱۳۵۸، ص ۱۰.

19. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Band V, Mathematik, Band VI, Astronomie, Band VII, Astrologie, Leiden: Brill, 1974, 1978, 1979; G.P. Matvievskaya, B.A. Rozenfeld, *Matematiki i Astronomi Musulmans'kogo Srednevekov'ya i ikh Trudi*, Moscow: Nauka, 1983, 3 vols.

[*ریاضیدانان و منجمان دورهٔ اسلامی و آثار آنها*، به روسی، مسکو، ناتوکا، ۱۹۸۳، ۳ جلد.]

* * * * * *

• این مقالهٔ ترجمهٔ متن سخنرانی یان پ. هوخندایک (Jan P. Hogendijk) در پژوهشکدهٔ تاریخ علم دانشگاه تهران است که در تاریخ ۱۳۷۶/۱۲/۲۳ ایراد شده است. یان پ. هوخندایک پژوهشگر تاریخ ریاضیات و نجوم در دانشگاه اوترخت هلند، و هم‌اکنون سردبیر اجرایی *هیستوریا ماتماتیکا* است. نشانی او در پست الکترونیک: hogend@math.uu.nl

اسطرلاب برنجی
ساخت محمدبن حامدالاصفهانی
۵۵۸ هجری قمری

ریاضیات و نجوم دورهٔ اسلامی به زبانهای متعددی (عربی، ترکی، فارسی، انگلیسی، فرانسه، آلمانی، روسی، اسپانیولی، کاتالان، ایتالیایی، و غیر آن) عرضه می‌شود. خوشبختانه آثارکتابشناسی در زمینهٔ تاریخ ریاضیات و نجوم دورهٔ اسلامی وجود دارد که یکی به وسیلهٔ فواد سزگین در سالهال ۱۹۷۴ و ۱۹۷۸ [۱۹]، و دیگری به وسیلهٔ روزنفلد و ماتویفسکایا در سال ۱۹۳۸ منتشر شده است (ترجمهٔ انگلیسی کتاب اخیر به زودی انتشار خواهد یافت). این آثار بسیار مفیدند، اما به محض چاپ شدن به عبارتی تازگی خود را از دست می‌دهند.

یک گروه بین‌المللی از پژوهشگران که هسته‌هایش درکانادا، هلند و ایران ایجاد شده است، اکنون در حال پایه‌ریزی طرحی برای ایجاد یک پایگاه داده‌ها (قابل مقایسه با آثار سزگین و روزنفلد_ماتویفسکایا) روی شبکهٔ اینترنت و روزامد کردن مداوم آن با انتشارات جدید هستند. این پایگاه داده‌ها باید برای هر کسی که در هر جای جهان به شبکهٔ اینترنت دسترسی دارد به رایگان قابل استفاده باشد. این طرح بسیار عظیمی است و مشکلات متعددی برای آغازکردن آن هست که هنوز برطرف نشده است. اما امیدوار هستیم که ایجاد این پایگاه داده‌ها سرانجام به تحقق درآید. در آن صورت، یکی از مشکلات پژوهش تا حدی برطرف خواهد شد. یک مشکل دیگر در این پژوهش ناشی از آن است که بسیاری از پژوهشگران به‌تنهایی یا درگروههای بسیار کوچک کار می‌کنند و فرصت محدودی برای پژوهش دارند، و برخی از معدود مراکز تاریخ علم عربی_اسلامی در شرایط دشواری کار می‌کنند. اما به نظر من در ایران شرایط خوبی برای این نوع کار در حال پیدایش است. امیدوارم که مؤسسه‌های جدید در ایران پژوهشگران پرشماری در زمینهٔ تاریخ ریاضیات و نجوم دورهٔ اسلامی تربیت کنند و امیدوارم که پاداش تلاشهای آنان به شایستگی داده شود.

مراجع

۱. مقاله‌های مروری در بارهٔ پژوهشهای اخیر راجع به تاریخ ریاضیات دورهٔ اسلامی به قرار زیرند

J. L. Berggren, Mathematics and her Sisters in Medieval Islam: a Selective Review of Work Done from 1985 to 1995, in *Historia Mathematica* **24** (1997), pp. 407-440 (with 182 references);

J. L. Berggren, History of Mathematics in the Islamic World: The Present State of the Art, in *Middle East Studies Association Bulletin* **19** (1985), pp. 9-33.

2. Menso Folkerts, *Die älteste lateinische Schrift über das indische Rechnen nach al-Hwārizmī, Edition, Übersetzung und Kommentar*,

[کهنترین رسالهٔ لاتینی در بارهٔ حساب هندی به روایت خوارزمی: ویرایش، ترجمه، و شرح]

München: Bayerische Akademie der Wissenschaften, 1997.

3. Jamil Ragep, *Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī's Memoir on Astronomy*,

[تذکره فی‌الهیئة از خواجه نصیرالدین طوسی]

New York: Springer Verlag, 1993.

۴. نگاه کنید به کتاب زیر

Julio Samsó, *Las ciencias de los antiguos en al-Andalus*

[علوم عهد باستان (علوم دقیقه) در اندلس]

Madrid: MAPFRE, 1992.

۵. نگاه کنید به کتاب زیر، به خصوص فصلهای ۶.۲ و ۳.۳ آن

B. van Dalen, *Ancient and Medieval Astronomical Tables: Mathematical Structure and Parameter Values*, Utrecht 1993.

برای اطلاع از تحقیقات مشابه در بارهٔ کوشیار همچنین نگاه کنید به

B. van Dalen, A Table for the True Solar Longitude in the Jāmi^c Zīj, in: A. von Godstedter (ed.), *Ad Radices, Festschrift zum fünfzigjährigen Bestehen des Instituts für Geschichte der Naturwissenschaften ··· Frankfurt am Main*, Stuttgart: Steiner, 1994, pp. 171-190;

G. van Brummelen, Mathematical Methods in the Tables of Planetary Motion in Kūshyār ibn Labbān's Jāmi^c Zīj, to appear in *Historia Mathematica* **25** (1998) no. 1.

6. Yaḥyā ibn Abī Manṣūr, *The Verified Astronomical Tables for the Caliph al-Ma'mūn*, facsimile edition, Frankfurt: Institute for the History of Arabic-Islamic Sciences, 1986.

۷. نگاه کنید به منابع زیر

E. S. Kennedy, M. Janjanian, The Crescent Visibility Table in al-Khwārizmī's Zīj, *Centaurus* **11** (1965), pp. 73-78;

J. P. Hogendijk, Three Islamic lunar crescent visibility tables, *Journal for the History of Astronomy* **19** (1988), pp. 29-43.

8. E.S. and M.H. Kennedy, *Geographical Coordinates of Localities from Islamic Sources*, Frankfurt: Institute for the History of Arabic- Islamic Sciences, 1987.

۹. مقاله‌های مربوط به این موضوع در منابع زیر گردآوری شده‌اند

E.S. Kennedy, Colleagues and Former Students, *Studies in the Islamic Exact Sciences*, Beirut 1983;

David A. King, *Islamic Mathematical Astronomy*, London: Variorum Reprints, 1986.

10. R. Rashed, A Pioneer in Anaclastics: Ibn Sahl on Burning Mirrors and Lenses, *Isis* **81** (1990), pp. 464-491.

متن رسالهٔ ابوسعد علاء در اثر زیر آورده شده است

R. Rashed, *Géométrie et Dioptrique au X^e Siècle: Ibn Sahl, Al-Qūhī et Ibn al-Haytham*, Paris: Les Belles Lettres, 1993.

به خصوص صفحات ۲۳ تا ۳۰ آن را ببینید.

بررسی امروزی رسالهٔ مذکور در مقالهٔ زیر آمده است:

Mohsen Maesumi, Parabolic Mirrors, Elliptic and Hyperbolic Lenses, *The American Mathematical Monthly* **99** (1992), pp. 558-560.

11. Yvonne Dold, Practical Arabic Mathematics: Measuring the Muqarnas by al-Kāshī, *Centaurus* **35** (1992), pp. 193-242; Yvonne Dold, The volume of domes in Arabic mathematics, in M. Folkerts, J.P. Hogendijk, *Vestigia Mathematica: Studies in Medieval and Early Modern Mathematics in Honour of H.L.L. Busard*, Amsterdam: Rodopi. 1993, pp. 93-106.

یک دورهٔ خاص اطلاعات تازه‌ای در بارهٔ دانش نجوم آن عهد عرضه می‌کند که از متنهای خطی به دست نمی‌آید.

یکی از ابزارهای متعددی که پروفسور کینگ مطالعه کرده، اسطرلابی است که حامدبن خضر خجندی در سال ۳۷۴ هجری در بغداد ساخته است. تصاویر بخشهایی از این اسطرلاب در منبع [۱۷] اثر کینگ منتشر شده، ولی اطلاعات کامل در بارهٔ این اسطرلاب انتشار نیافته است. این قدیمیترین اسطرلاب شناخته شدهٔ موجود از دورهٔ اسلامی است و اکنون در یک مجموعهٔ خصوصی در کویت نگهداری می‌شود.

کینگ یادآور شده است که عنکبوت اسطرلاب شامل تزئینی به صورت «چاربرگ» است. این تزئین اغلب در هنر گوتیک اروپای اواخر سده‌های میانه به کار می‌رفت و اکنون می‌بینیم که شاید منشأ آن از خاورمیانهٔ اسلامی بوده است. این نمونه نشان‌دهندهٔ ماهیت چندرشته‌ای مطالعهٔ اسطرلابهاست. اولین صفحهٔ اسطرلاب علاوه بر چیزهای دیگر شامل تسطیح کرهٔ آسمان با دایره‌های ارتفاع (مقنطرات) به فاصله‌های سه درجه و دایره‌های سمت به فاصله‌های پنج درجه برای عرض جغرافیایی بغداد (۳۳ درجه) است. صفحهٔ دوم اسطرلاب برای یافتن بیوت و تسییرات (در احکام نجوم) به ازای عرض جغرافیایی بغداد به کار می‌رفت. از این نظریه می‌توان نظریهٔ شعاعها و تسییرات در احکام نجوم مورد استفادهٔ خجندی را استنباط کرد. در این نظریه، کرهٔ آسمان به وسیلهٔ دایره‌هایی گذرنده از نقاط شمال و جنوب افق که استوای آسمانی را در نقاطی به فواصل منظم قطع می‌کنند، به بخشهایی تقسیم می‌شود.

ابزارهای نجومی دورهٔ اسلامی در موزه‌ها و مجموعه‌های خصوصی سراسر جهان پراکنده‌اند، بنابراین اگر کسی بخواهد آنها را به روش «وررفتن» پروفسور کینگ (که واقعاً آن را بهترین روش می‌دانم) مطالعه کند، باید سفرهای دور و درازی را در پیش بگیرد. پروفسور سزگین از مؤسسهٔ تاریخ علوم عربی-اسلامی در فرانکفورت طرحی را برای مشابه‌سازی اغلب ابزارهای نجومی مهم دورهٔ اسلامی و به نمایش گذاشتن این نمونه‌ها در مؤسسهٔ خود در فرانکفورت آغاز کرده است. به نظر من این هم طرح مهمی است، نه تنها به خاطر این که روش «وررفتن» بهترین روش پژوهش است، بلکه همچنین برای اینکه بنا به تجربهٔ من اسطرلاب کارایی آموزشی بالایی برای جمع کثیر مخاطبان دارد، به آسانی می‌توان دانشجویان و دانش‌آموزان را به ساختن اسطرلاب با مصالح ساده واداشت. نمونه‌ای ابتدایی که خودم (بر اساس یک اسطرلاب یمنی) رسم کرده‌ام در این گفتار نشان داده می‌شود. به نظر من این کار بسیار ارزنده‌ای است که یک مؤسسهٔ تاریخ علم نمونهٔ نسبتاً کاملی از یک اسطرلاب تاریخی دورهٔ اسلامی، مثلاً تصویر مناسبی از اسطرلاب خجندی را که تصاویرش ضمن این گفتار به نمایش گذاشته شده است، روی مقوا چاپ کند.

از اسطرلاب می‌توان برای توضیح برخی از اصول بنیادی نجوم، مثل طلوع و غروب ستارگان، حرکت خورشید، تغییرات طول روز و علت پیدایش فصلها استفاده کرد. در کشور ما (هلند) اغلب دانش‌آموزان و حتی بسیاری از دانشجویان به نحو دلسردکننده‌ای از این موضوعهای ساده بی‌اطلاع‌اند. از اسطرلاب می‌توان برای تعیین زمان (خورشیدی حقیقی) و یافتن جهت شمال استفاده کرد. به کمک برخی صفحه‌های خاص اسطرلاب می‌توان راه‌حلهای ترسیمی مسائلی از مثلثات کروی، مثلاً جهت قبله برای محلی با مختصات جغرافیایی معلوم را یافت. برای دانشجویانی با سطح ریاضیات بالاتر، می‌توان نظریهٔ ریاضی تسطیح کره و طرح ساخت اسطرلاب را مطرح کرد و آنان را واداشت که خود اسطرلاب ترسیم کنند و با اسطرلابی که ساخته‌اند برخی رصدهای نجومی را انجام دهند.

از موضوع قدری دور شدیم، زیرا فکر می‌کنم که تاریخ علم باید از حد یک رشتهٔ صرفاً علمی جالب برای متخصصان فراتر باشد. به گمان من باید توجه بسیاری از مردم را به تاریخ علم جلب کرد، زیرا تنها به این طریق می‌توان به این رشتهٔ شادابی و نشاط بخشید. اسطرلاب یکی از وسایل ممکن برای این کار است، زیرا تاریخی غنی دارد، کاربرد آن آسان است و زیبایی خاص خود را دارد. اسطرلاب برای بسیاری از افراد امروزی می‌تواند جالب باشد، همچنانکه برای خیلی از افراد زمانهای دور مورد توجه و نیاز بود. به عنوان شاهد گفتارم گفته‌هایی از مولانا جلال‌الدین رومی را در بارهٔ اسطرلاب نقل می‌کنم.

مولانا در مثنوی می‌گوید:

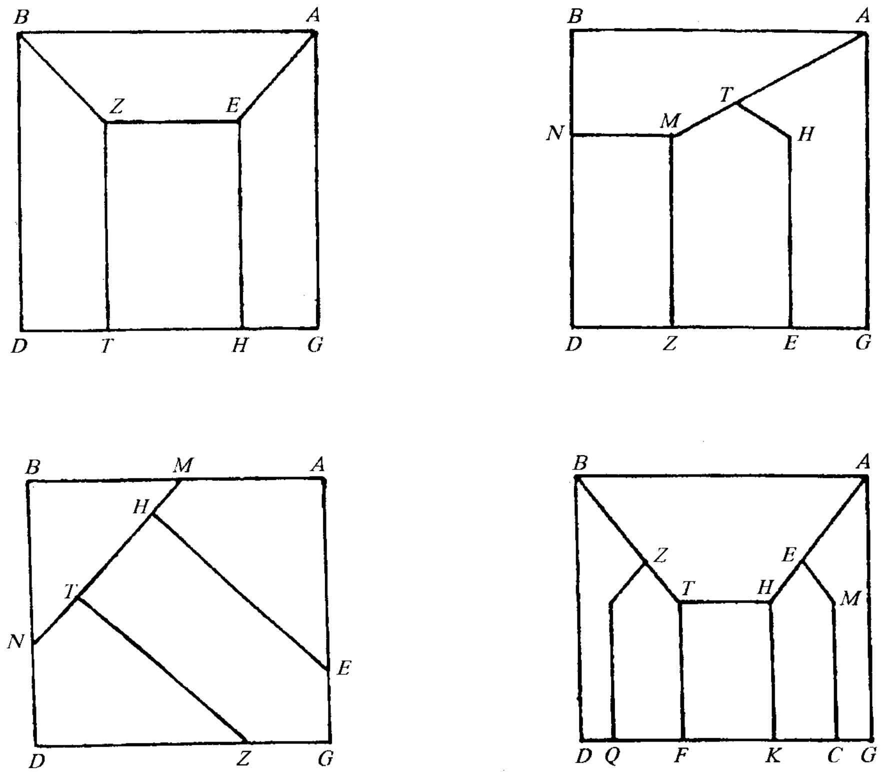
عشق اسطرلاب اسرار خداست

در *فیه‌مافیه* نیز می‌گوید: «آدمی اسطرلاب حقّست اما منجمی باید که اسطرلاب را بداند، تره‌فروش یا بقال اگرچه اسطرلاب دارد اما از آن چه فایده گیرد و به آن اسطرلاب چه داند احوال افلاک را و دوران و برجها و تأثیرات و انقلاب را الی غیرذلک، پس اسطرلاب در حق منجم سودمندست که **مَنْ عَرَفَ نَفْسَه فَقَدْ عَرَفَ رَبَّهُ**. همچنانک این اسطرلاب مسین آینهٔ افلاکست، وجود آدمی که **وَ لَقَدْ کَرَّمنَا بَنِی آدَمَ** اسطرلاب حقّست چون او را حق تعالی به خود عالم و دانا و آشنا کرده باشد، از اسطرلاب وجود خود تجلی حق را و جمال بیچون را دم به دم و لمحه به لمحه می‌بیند و هرگز آن جمال از این آینه خالی نباشد». برای درک این جمله باید بدانیم که عنکبوت اسطرلاب «تصویر» (یعنی تسطیح) افلاک است و حرکت عنکبوت روی صفحه، بیانگر حرکت افلاک حول زمین است [۱۸].

۷. نتیجه‌گیری

همهٔ مثالهای اخیر بیانگر توجه به تاریخچهٔ کاربردهای ریاضیات و نجوم است. به نظر من این توجه در پژوهشهای اخیر اهمیت روزافزون دارد و در ورای آن همواره میل به قراردادن ریاضیات و نجوم در جایگاه اجتماعی و فرهنگی آنها نهفته است. مثالهای بسیار دیگری می‌توان مطرح کرد و البته آنچه من برگزیدم در عین حال نشان‌دهندهٔ علایق و محدودیتهای شخصی من نیز بوده است. بنابراین در بارهٔ پژوهشهای اخیر راجع به راه یافتن اصطلاحهای علمی از زبانهای دیگر (مثل یونانی، سریانی، پهلوی و سانسکریت) به عربی مثالی نیاورده‌ام.

بی‌شک هنوز به تصویری از تاریخ ریاضیات و نجوم دورهٔ اسلامی که به تعبیری کامل باشد دست نیافته‌ایم. پژوهشگران در حال کشف تکه‌های بیشتر و بیشتری از یک نقش کاشیکاری بسیار پیچیده‌اند که طرح کلی آن معمولاً چندان آشکار نیست. یکی از مشکلات کار، گستردگی این زمینه است؛ مسألهٔ دیگر ناشی از این است که منابع مطالعه و پژوهشگران در سراسر جهان پراکنده‌اند. بنابراین یافتن همهٔ منابع اطلاعات یا همهٔ منابع منتشر شده در یک موضوع خاص کار آسانی نیست. مقاله‌های بدیع در زمینهٔ



شکل۵

۲. اگر پاسخ مثبت است، آیا این نقوش و بناهای تاریخی را هنوز می‌توان در ایران یا جای دیگر دید؟

۳. اگر پاسخ سؤال اول منفی است، چرا هندسه‌دانان شیراز به این مسائل علاقه‌مند بودند؟

پیوند میان هندسه و هنر می‌تواند کاربرد زیادی در آموزش ریاضیات داشته باشد. فرض کنید ارتباطی میان ترسیمهای موجود در نسخه‌های خطی و کاشیکاریها یا بناهای تاریخیِ قابل بازدید یافته باشیم. در این صورت می‌توان آن ترسیم را در مدرسه مطرح کرد وگردشی علمی برای بازدید از نمونهٔ عینی آن نقوش یا بناها ترتیب داد. یا اگر این کار مقدور نباشد، می‌توان از شاگردان خواست که این نقشها را رسم کنند و آثاری از هنر سنتی پدید آورند. امروزه بسیاری از کودکان، دست‌کم در دنیای غرب، از ریاضیات روگردانند، اما شاید اگر ارتباطی واقعی میان ریاضیات، تاریخ، و هنرهای زیبا ببینند، تغییر عقیده بدهند.

۶. ابزارها

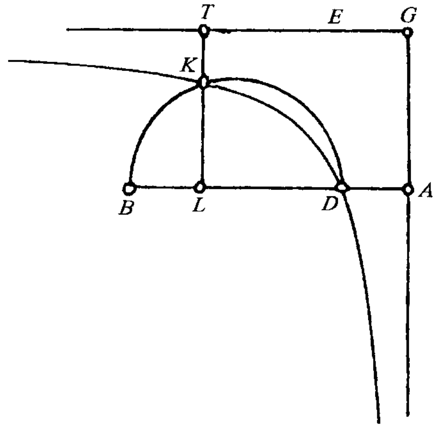
تاکنون اغلب پژوهشها در بارهٔ تاریخ ریاضیات و نجوم دورهٔ اسلامی مبتنی بر متنهای مکتوب بوده است. اما منابع دیگری هم در این زمینه وجود دارد. در بخش قبل دیدیم که بناهای تاریخی و نقوش تزئینی نیز منابع دیگری هستند و شاید هم سنتهایی در زمینهٔ طراحی بناها و نقوش کاشیکاری سینه به سینه منتقل شده و باقی‌مانده باشد. ابزارهای نجومی برجا مانده مثل اسطرلابها و ابزارهای زمان‌سنجی مثل ساعتهای آفتابی نیز منابع مهم دیگری برای تاریخ علم‌اند.

تا همین اواخر به این ابزارها توجهی نمی‌شد، ولی خوشبختانه این وضع در حال تغییر است. حدود ده سال پیش، پروفسور دیوید کینگ از دانشگاه فرانکفورت در آلمان، طرح بسیار عظیمی را در مورد بررسی انواع پرشمار ابزارهای نجومی اسلامی و اروپایی که پیش از سال ۱۵۵۰ میلادی ساخته شده‌اند آغازکرد. او و همکارانش روی فهرستی چند جلدی شامل توصیفهای دقیق و تصاویر این ابزارها کار می‌کنند. بعلاوه، پروفسور کینگ و همکارانش از روشهای امروزی نظیر طراحی کامپیوتری برای تحلیل این ابزارهای مربوط به سده‌های میانه استفاده می‌کنند.

پروفسور کینگ به روش «وررفتن» کار می‌کند که به بیان خودش چنین است:

> «فلسفهٔ اساسی تهیهٔ فهرست این است که ضرورت دارد شخص ابزار را در دست بگیرد، قطعاتش را از هم بازکند، هر قطعه را به دقت بررسی کند ــ خلاصهٔ کلام، قدری با آن بازی کند ــ تا کم‌کم از چند و چون آن خوب سر در بیاورد. برای این منظور دیدن عکس ابزار کفایت نمی‌کند.» ([۱۶]، ص. ۴)

این بررسیها تاکنون انبوهی از اطلاعات تازه پدید آورده است. بسیاری از آثار بی‌نام و نشان به طور تقریبی زمان‌گذاری شده‌اند. بسیاری اوقات، ابزارهای



شکل۳

که از آن نتیجه می‌شود

$$x^{۳} + ۲۰۰x = ۲۰x^{۲} + ۲۰۰۰$$

عمر خیام معادلهٔ $x^{۳} + bx = ax^{۲} + c$ را با مقاطع مخروطی به روش زیر حل می‌کند:

پاره‌خط ADB را چنان رسم می‌کنیم که $|AD| = \frac{c}{b}$ و $|AB| = a$.
عمود AG را بر AB چنان اخراج می‌کنیم که $|AG| = \sqrt{b}$. سپس GE را موازی با AD می‌کشیم.

هذلولی گذرنده از D با مجانبهای AG و GE را رسم می‌کنیم.

دایره‌ای به قطر BD می‌کشیم.

نقطهٔ تقاطع دیگر هذلولی و دایره را K می‌نامیم. عمود KL را بر BD وارد می‌کنیم. در این صورت خواهیم داشت $x = AL$.

برهان. می‌گیریم $KL = y$. چون K روی دایره است، داریم $KL^{۲} = BL \cdot LD$، یا $y^{۲} = (a - x)(x - \frac{c}{b})$. چون K روی هذلولی است، داریم $KL : LD = TL : LA$ یا $y : (x - \frac{c}{b}) = \sqrt{b} : x$. پس

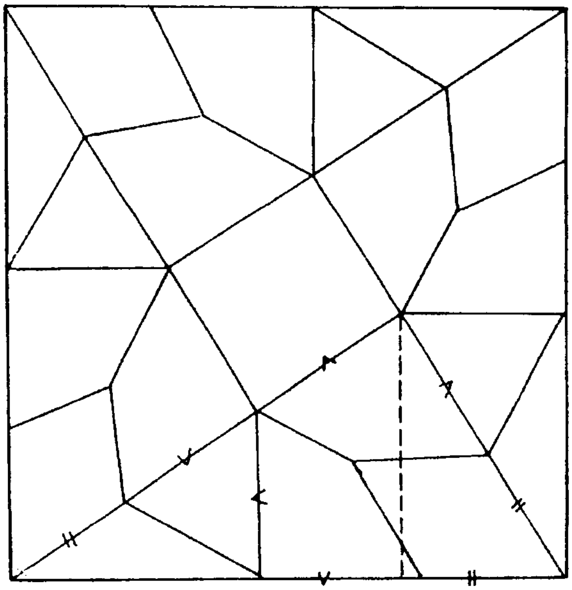
$$x^{۲} : b = (x - \frac{c}{b})^{۲} : y^{۲} = (x - \frac{c}{b}) : (a - x)$$

بنابراین، $ax^{۲} - x^{۳} = bx - c$.

ازدورال می‌گوید که همین مثلث در یک نسخهٔ خطی که احتمالاً در قرن شانزدهم میلادی در اصفهان نوشته شده، یافته شده است [۱۴]. این نسخه شامل ترسیمهای عملی و نقوش هندسی زیادی است و این مثلث در یکی از این نقوش ظاهر می‌شود (شکل ۴). به نوشتهٔ متن، این نقش را ابن‌هیثم نیز به کمک مقاطع مخروطی ترسیم کرده است.

در اینجا شاهد پیوندی میان صنعتگران از یک سو، و ریاضیدانانی چون خیام و ابن‌هیثم از سوی دیگر هستیم. پیش از کشف ازدورال، هیچ‌کس تصوری در بارهٔ سابقهٔ این مثلث نداشت. سؤال دیگر طبعاً این است که آیا پیوندی بین این مثلث و هیچ‌یک از بناهای تاریخی موجود وجود دارد یا نه.

شاید بسیاری پیوندهای ناشناختهٔ دیگر بین مسأله‌های هندسی در نسخه‌های خطی و کاربردهای موجود در آثار کهن یا هنرهای تزیینی وجود داشته باشد. در اینجا می‌خواهم چند سؤال طرح کنم که در باره‌اش فکر کنید.


شکل۴

این سؤالها برگرفته از نامهٔ منتشر نشده‌ای از احمدبن محمدبن عبدالجلیل سجزی (قرن ۴ هجری) است با عنوان *پاسخ به مسأله‌های یکی از هندسه‌دانان شیراز* (*اجوبه عن مسائل سئل عنه بعض مهندسی شیراز*) که نسخهٔ خطی آن در کتابخانهٔ ملی پاریس موجود است [۱۵]. (شکل ۵)

مسألهٔ ۳: می‌خواهیم متوازی‌الاضلاع AD را به چهار بخش $AGEHT$، $THEZM$، $MZDN$ و $AMNB$ تقسیم کنیم چنانکه مساحتهایشان برابر باشد و داشته باشیم $|HT| = |TM|$.

مسألهٔ ۴: می‌خواهیم متوازی‌الاضلاع $ABDG$ را به چهار بخش $ABZE$، $BZTD$، $AGHE$ و $HEZT$ تقسیم کنیم چنانکه $AEHG = BZTD$ و $AEZB : ABGD$ نسبت مفروضی باشد، و $ZEHT : AEHG$ نسبت مفروض دیگری باشد.

مسألهٔ ۶: می‌خواهیم متوازی‌الاضلاع AD را چنان تقسیم کنیم که

$$AGCME = EMCKH = HKFT = ZTFQL = DQLZB$$

و مجموع آنها با $AHTB$ برابر باشد یا با $AHTB$ به نسبت مفروضی باشد.

مسألهٔ ۸: می‌خواهیم متوازی‌الاضلاع $ABDG$ را چنان تقسیم کنیم که

$$AEHM = DZTN = EGZTH = BMN$$

و این تقسیم با خطهایی به موازات قطرهای متوازی‌الاضلاع انجام شود.

سجزی همهٔ این مسأله‌ها را حل کرده است. در اینجا کاری به راه‌حلهای او ندارم. (شما می‌توانید سعی کنید خودتان راه‌حلها را بیابید!) سؤالهای من به قرار زیر است:

۱. آیا این مسأله‌ها ارتباطی با نقوش تزیینی خاص یا مسائلی در معماری دورهٔ اسلامی دارد یا نه؟

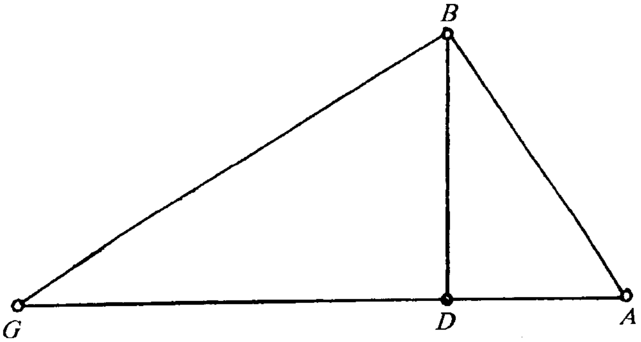
(از بلور به هوا) برابر باشد، همهٔ پرتوهای خورشید به موازات محور را به سوی یکی از کانونها خواهد شکست و بنابراین می‌تواند موجب سوختن در آن نقطه شود.

ابوسعد علاء اولین دانشمند در تاریخ نبود که پدیدهٔ شکست نور را مطالعه کرد. بطلمیوس (۱۵۰ میلادی) دانشمند یونانی نیز پدیدهٔ شکست را بررسی کرد و در کتاب *نورشناخت* خود جدول ساده‌ای حاوی زاویه‌های شکست به ازای مقادیر مختلف زاویهٔ تابش آورد. این کتاب *نورشناخت* به عربی ترجمه شد و ابوسعد علاء با آن آشنا بود. اما بطلمیوس نمی‌دانست که نسبت سینوسهای این زوایا ثابت است. بنابراین قانون شکست را ابوسعد علاء کشف کرده است.

ابوسعد علاء قانون شکست را صریحاً بیان نمی‌کند و مقدار عددی برای ضریب شکست نمی‌دهد. بنابراین نمی‌دانیم که او چگونه این قانون را کشف کرد. آیا او آزمایشهایی انجام داد، و از این راه قانون مذکور را کشف کرد؟ یا اینکه انگیزه‌ای نظری او را به این قانون رساند؟ یا ابتدا این سؤال برایش مطرح شد که کدام نوع عدسی پرتوهای خورشید را به سوی یک نقطه می‌شکند، حدس زد که این عدسی باید هذلولی‌گون باشد و سپس از این راه قانون شکست را یافت؟ این فرض نامعقولی نیست، زیرا در آن ایام ریاضیدانان از بین انواع منحنیها تنها دایره و مقاطع مخروطی را مطالعه کرده بودند؛ عدسی کروی، بیضی‌گون و سهمی‌گون دارای خاصیت موردنظر نیست. شاید پاسخ به این سؤال با مطالعهٔ بیشتر متن ابوسعد علاء یا با کشف مدارک تازه یافته شود. این سؤال هم به میان می‌آید که چرا دانشمندان پس از ابوسعد علاء نظیر ابن‌هیثم و کمال‌الدین فارسی این قانون را به کار نبردند. در هر صورت، قانون شکست نمونه‌ای از یک کشف منسوب به دانشمندان اروپایی قرن هفدهم میلادی است که در واقع قبلاً در دورهٔ اسلامی کشف شده بود.

گاهی می‌پرسند که آیا نمونه‌های دیگری از این نوع وجود دارد، و آیا بسیاری از یافته‌های علمی اروپاییان در قرن هفدهم به ویژه در زمینهٔ ریاضیات، قبلاً در دورهٔ اسلامی کشف شده بود. پاسخگویی به این سؤال دشوار است. از یک سو، می‌توان برخی نمونه‌هایِ شبیه قانون شکست را ذکر کرد و بسیاری از آثار دورهٔ اسلامی هنوز مطالعه نشده‌اند که شاید حاوی نمونه‌های بیشتری از این دست باشند. از سوی دیگر نباید بیش از حد در صدد یافتن تشابهات با علوم اروپایی باشیم.

در سالهای اخیر، برخی تاریخنگاران گفته‌اند که مثلاً شرف‌الدین طوسی طرز یافتن مشتق تابع را می‌دانست. یا اینکه برخی ریاضیدانان دورهٔ اسلامی حساب (انتگرال) بینهایت کوچکها بلد بودند، یا اینکه منحنیها را درست مثل دکارت به کمک معادلات بررسی می‌کردند، یا اینکه سجزی هندسهٔ چهاربعدی می‌دانست، و مانند اینها. اما به این ترتیب آثار دانشمندان دورهٔ اسلامی تحریف می‌شود. اغلب ریاضیدانان دورهٔ اسلامی همانند اسلاف خود در یونان باستان به‌دقت از بینهایت کوچکها پرهیز می‌کردند. با خواندن آثار خود شرف‌الدین طوسی و سجزی، به مشتق تابع یا هندسهٔ چهاربعدی برنمی‌خوریم. شاید برخی تاریخنگاران معاصر به طور ناخودآگاه چنین فرض می‌کنند که علوم جدید اروپایی به تعبیری «بهترین» علوم است، بنابراین می‌خواهند هر چه بیشتر در آثار دورهٔ اسلامی علوم اروپایی را بیابند. به نظر من باید از این فرض دوری جست، زیرا ارزش علوم دورهٔ اسلامی وابسته به تشابهات احتمالی آن با علوم اروپای قرن هفدهم نیست.



شکل۲

۵. هندسه و معماری

هندسه نه تنها در علوم بلکه همچنین در هنر و معماری به کار می‌رفت. اکنون خیلیها عقیده دارند که هنر و معماری یکی از انگیزه‌های مطالعهٔ هندسه در تمدن اسلامی بوده است. اما اگر کسی در جستجوی مثالهای مشخص باشد، نمونه‌های معدودی را می‌توان ذکر کرد. تاکنون منابع معدودی بررسی شده‌اند و شاید تاریخنگاران این نمونه‌ها را در جای درست خود جستجو نکرده‌اند. شاید بتوان صنعتگرانی را در ایران یافت که از روشهای قدیمی مطلع باشند و بتوانند بسیاری از پیوندها را توضیح دهند.

یک پیوند آشکار بین هندسه و معماری، توصیفهای غیاث‌الدین جمشید کاشانی (درگذشتهٔ ۸۳۲ هجری) در کتاب *مفتاح‌الحساب* راجع به *مقرنس* و مساحت سطوح و حجم گنبد مساجد است. خانم ایوونه دولد این توصیفها را تحلیل کرده است. وی یک نوار ویدئویی تهیه کرده که در آن بازسازی کامپیوتری قبه‌ای طبق دستورالعملهای کاشانی و همچنین رابطهٔ میان کارهای کاشانی و بناهای تاریخی مختلف سمرقند را نشان داده است [۱۱].

یک پیوند کم‌رنگ‌تر بین متنی در هندسهٔ نظری و مسأله‌ای در هنرهای تزیینی اخیراً به وسیلهٔ ازدورال بیان شده است [۱۲]. عمر خیام در رسالهٔ کوتاهی راجع به جبر که در سال ۱۳۲۹ در تهران [۱۳] چاپ شده است، از ترسیم مثلث قائم‌الزاویهٔ ABG که در آن وتر برابر است با مجموع یکی از اضلاع و ارتفاع، بحث کرده است؛ در شکل ۲، $AG = AB + BD$. عمر خیام فرض می‌کند $AD = 10$ و $BD = x$، سپس نشان می‌دهد که ترسیم این مثلث منتهی می‌شود به معادلهٔ درجهٔ سوم $x^3 + 200x = 20x^2 + 2000$. سپس این معادله را به کمک تقاطع هذلولی و دایره حل می‌کند.

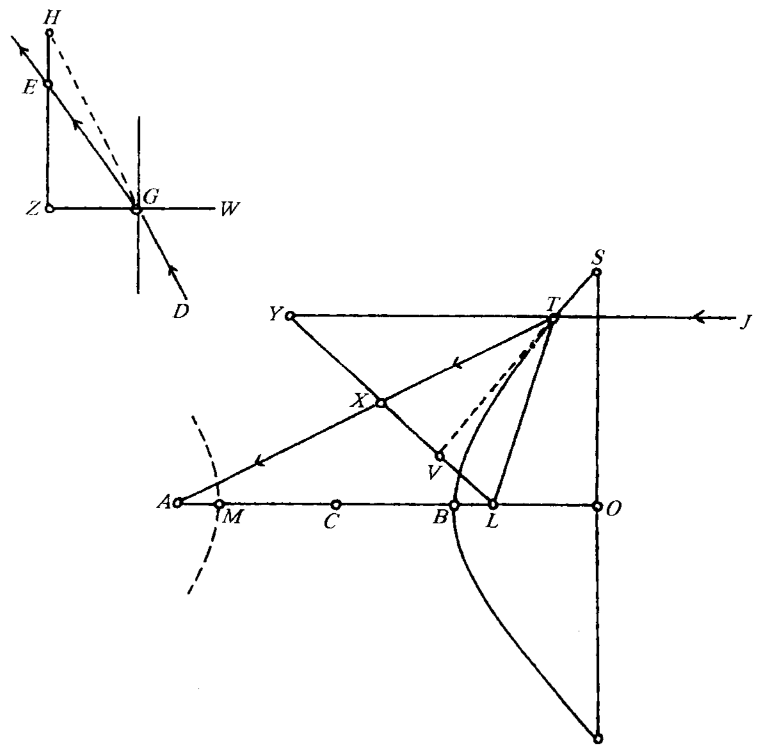
حل مثلث ABG به زاویهٔ قائمهٔ B و با ارتفاع BD چنان که $AB + BD = AG$، به وسیلهٔ عمر خیام به قرار زیر است (شکل ۳ را ببینید):

می‌گیریم $AD = 10$، $BD = x$. طبق قضیهٔ فیثاغورس، $AB^2 = 100 + x^2$. با توجه به تشابه مثلثها داریم $BD^2 = AD \cdot DG$، پس $DG = \frac{x^2}{10}$. چون $AB + BD = AG$، داریم

$$AB = AG - BD = AD + DG - BD = 10 - x + \frac{x^2}{10}$$

با مربع کردن دو طرف، داریم

$$100 + x^2 = 100 - 20x + 3x^2 - \frac{x^3}{5} + \frac{x^4}{100}$$



شکل۱

به سوی یکی از کانونهای هذلولی می‌شکنند، و در اثبات خود به طور ضمنی قانون شکست نور را که به نام ویلیبرورد اسنل (۱۵۹۱ـ۱۶۲۶) دانشمند هلندی، «قانون اسنل» خوانده می‌شود به کار برده است. جزئیات اثبات ابوسعد علاء طبق شکل ۱ به قرار زیر است.

در شکل ۱، ابوسعد علاء پرتو نور DG را که در نقطهٔ G از بلوری خارج می‌شود و در مرز WGS سطح شکسته می‌شود، در نظر می‌گیرد. سپس از نقطهٔ E روی پرتو شکسته شدهٔ GE عمود EZ را بر WGZ (که خط راستی فرض می‌شود) رسم می‌کند و ZE را امتداد می‌دهد تا امتداد DG را در نقطهٔ H قطع کند.

وی سپس یک هذلولی با محور قاطع MB و کانونهای A و L رسم می‌کند چنانکه $AL : BM = GH : GE$. اگر مرکز هذلولی را C بنامیم و بگیریم $|CM| = |CB| = a$، $|CL| = |CA| = f$، خروج از مرکز هذلولی برابر است با $f : a = GH : GE = \frac{GZ}{GE} : \frac{GZ}{GH}$، یعنی نسبت بین سینوسهای زاویهٔ شکست و زاویهٔ تابش (که نسبت به قائم در G سنجیده می‌شود). ابوسعد علاء شاخه‌ای از هذلولی به محور BL را در نظر می‌گیرد و به وسیلهٔ عمود SO قطعه‌ای از هذلولی جدا می‌کند و این قطعه را حول محور می‌چرخاند. بدین‌ترتیب یک عدسی هذلولی‌گون به دست می‌آورد و فرض می‌کند که این عدسی از جنس بلور باشد. فرض کنید پرتو خورشید JT (که می‌توانیم آن را در صفحهٔ کاغذ فرض کنیم) به موازات محور در نقطهٔ T به سطح خمیدهٔ عدسی می‌رسد. پاره‌خطهای TL و TA و مماس TV را رسم می‌کنیم، LV را بر TV عمود می‌کنیم و LV را امتداد می‌دهیم تا TA را در X و امتداد JT را در Y قطع کند.

طبق دو قضیهٔ شناخته شده دربارهٔ هذلولی (ثابت شده به وسیلهٔ آپولونیوس پرگایی در کتاب *مخروطات* او که به عربی ترجمه شده و ابوسعد علاء با آن آشنا بود)، داریم $AT - LT = MB = 2a$ و $\angle LTV = \angle VTX$. پس $LT = TX$، بنابراین $2a = MB = AT - TX = AX$. پس

$$TY : TX = AL : AX = 2f : 2a = f : a = GH : GE$$

اگر $\angle JTV = \angle DGZ$، دو شکل $YTXV$ و $HGEZ$ متشابه‌اند و بنابراین پرتو JT به سوی نقطهٔ X شکسته می‌شود، و در نتیجه از نقطهٔ A خواهد گذشت.

اما ابوسعد علاء می‌خواهد ثابت کند همهٔ پرتوهای نور به سوی نقطهٔ A شکسته می‌شوند حتی اگر داشته باشیم $\angle JTV \neq \angle DGZ$. او در اثبات خود فرض می‌کند که هر پرتو نور JT در نقطهٔ T شکسته می‌شود و به صورت TX درمی‌آید چنانکه $TY : TX = GH : GE = f : a$. این یعنی نسبت $TY : TX$ ثابت است و به زاویهٔ JTV بستگی ندارد. همچنین می‌توان گفت که نسبت $GH : GE$ ثابت است و به $\angle DGZ$ بستگی ندارد. پس نسبت بین سینوس زاویهٔ شکست و سینوس زاویهٔ تابش ثابت فرض شده است. این همان قانون شکست اسنل است. پس اگر عدسی هذلولی‌گونی چنان باشد که خروج از مرکز آن با ضریب شکست

جدول هم از همان مقادیر استفاده کرده است. به این ترتیب همهٔ مقادیر مشخصه‌ها تعیین شده است، پس می‌توان جدول را مجدداً محاسبه کرد و حتی شاید بتوان اطلاعات بیشتری در بارهٔ روشهای محاسبهٔ کوشیار به دست آورد.

در این مثال از کامپیوتر به عنوان ابزاری برای استخراج اطلاعات راجع به مقادیر مشخصه‌ها و کسب تصوری در بارهٔ روشهای ریاضی عملی که کوشیار به کار برده، استفاده شده است. هنوز جدولهای بسیاری در منابع هست که باید با کامپیوتر تحلیل شود. با این گونه تحلیلها، اطلاعات موجود در بارهٔ محاسبهٔ عملی و مشخصه‌های نجومی بسیار افزایش خواهد یافت.

۳. تحلیل ساختار ریاضی جدولها

جدول کوشیار در بخش قبل شامل اعدادی است که مقادیر تابعی ریاضی از نوعِ شناخته شده‌اند. برخی کتابچه‌های نجومی شامل جدولهایی است که اعدادِ مندرج در آنها به بیان امروزی مقادیر تابعهایی از نوع ناشناخته هستند. در اینجا هدف تاریخنگار یافتن صورت دقیق تابعی است که به کار رفته است.

مثالی از این نوع، جدول رؤیت ماه در زیج خوارزمی (حدود ۲۰۰ هجری) است. متن عربی این اثر گم شده است ولی مسلمةبن‌احمد مجریطی منجم اسپانیایی (درگذشتهٔ ۴۶۲ هجری) تحریری از آن فراهم کرد و ترجمهٔ لاتینی این تحریر که در سده‌های میانه فراهم شده موجود است. نیمهٔ اول جدول رؤیت ماه در این اثر به صورت زیر است [۷]:

برج	حمل	ثور	جوزا	سرطان	اسد	سنبله
۱۰	۹°۲۶′	۹°۱۹′	۹°۳۳′	۱۱°۲۹′	۱۵°۵۸′	۲۰°۲۰′
۲۰	۹°۲۵′	۹°۱۸′	۹°۵۷′	۱۲°۴۸′	۱۷°۳۱′	۲۱°۰۴′
۳۰	۹°۲۱′	۹°۲۱′	۱۰°۳۷′	۱۴°۱۵′	۱۹°۱۱′	۲۱°۱۷′

شیوهٔ استفاده از جدول چنین است. به فرض، می‌خواهیم بدانیم که آیا هلال ماه در شامگاه مفروضی، یک یا دو روز بعد از مقارنهٔ خورشید و ماه رؤیت می‌شود یا نه. مقدار مربوط به طول خورشید را در جدول پیدا می‌کنیم. مثلاً اگر تاریخ ۱۰ روز پس از نوروز باشد، طول خورشید (تقریباً) ۱۰ درجه است؛ پس در جدول عدد ۹°۲۶′ را می‌یابیم. این یعنی اگر در لحظهٔ غروب خورشید، تفاضل طولهای ماه و خورشید بیش از ۹°۲۶′ (و عرض ماه مساوی صفر) باشد، رؤیت ماه ممکن است؛ اگر تفاضل مذکور از این عدد کمتر باشد، ماه رؤیت نخواهد شد.

چگونگی محاسبهٔ این جدول در متن بیان نشده است. در دورهٔ اسلامی، نظریه‌های گوناگونی برای تعیین شرایط رؤیت ماه وجود داشت، بنابراین دقیقاً مشخص نیست کدام تابع در اینجا محاسبه شده است. پس از اختیار کردن یک نظریه، محاسبات به عرض جغرافیایی محل نیز بستگی دارد. کندی و جانجانیان بر اساس محاسبهٔ کامپیوتری در سال ۱۹۶۵ به این نتیجه رسیده‌اند که جدول مذکور بر اساس معیاری برای رؤیت ماه که پیش از ظهور اسلام در هند ابداع شده محاسبه شده است. بر طبق این معیار، ماه را در صورتی می‌توان دید که زمان غروب ماه بیش از ۴۸ دقیقه پس از زمان غروب خورشید باشد. سپس کندی و گریگوریان عددهای جدول را برای عرضهای جغرافیایی مختلف محاسبه کردند و بین نتایج به دست آمده آنچه بیش از همه با اعداد متن توافق داشت به محلی با عرض جغرافیایی ۴۲ درجه و ۳۰ دقیقه مربوط می‌شد. اما این توافق نزدیک نبود و عرض جغرافیایی مذکور از لحاظ تاریخی پذیرفتنی نیست زیرا، در غرب عالم اسلام، چه در زمان خوارزمی و چه در عهد مجریطی هیچ مرکز علمی در این عرض شمالی وجود نداشت.

پس از رواج کامپیوترهای شخصی، انجام محاسبات زیاد روی اعداد جدول به سادگی ممکن شد، و بدین‌ترتیب اصلاح مختصری امکان‌پذیر گردید. بر اساس فرض بسیار رایجی که درست نیست ولی با بسیاری از نظریه‌های تاریخی در بارهٔ رؤیت ماه تطبیق می‌کند (یعنی اینکه رؤیت ماه را بر اساس عرض جغرافیایی، انخفاض خورشید در لحظهٔ غروب ماه و سمت خورشید در لحظهٔ غروب ماه می‌توان پیش‌بینی کرد)، این امکان پدید آمد که روشی برای بازسازی کامل نظریهٔ رؤیت ماه بر اساس اعداد مندرج در جدول ایجاد شود. معلوم شد که نیمهٔ اول جدول (که در بالا آورده شده است) با دقت زیاد طبق معیار هندی برای عرض جغرافیایی ۴۱° ۳۵′ محاسبه شده است. در قرن پنجم هجری، یک مرکز علمی در غرب جهان اسلام در این عرض بالای شمالی وجود داشت، یعنی ساراگوسا (سَرَقُسْطَه) که در شمال اسپانیا واقع است. پس جدول رؤیت ماه را مجریطی که در کوردوبا (قُرطبه) کار می‌کرد محاسبه نکرده است.

برای این نوع پژوهش، باید کامپیوتر شخصی و فهرستی از عرضهای جغرافیایی آبادیهای جهان اسلام در سده‌های میانه در اختیار داشت. البته، فهرستی امروزی از عرضها هم مفید خواهد بود، اما فهرست مرتب‌شده‌ای از عرضهای جغرافیایی ذکر شده در آثار همان دورهٔ اسلامی مفیدتر خواهد بود. پروفسور ادوارد استوارت کندی و خانم مری هلن کندی در سال ۱۹۸۷ چنین فهرستی منتشر کرده‌اند که در آن عرض ۴۱° ۳۵′ برای ساراگوسا آمده است [۸]. این کتاب نشان می‌دهد که کامپیوتر در پژوهشهای تاریخی برای مرتب‌کردن داده‌های پرشمار و تسهیل دسترسی به آنها نیز بسیار سودمند است.

دو مثال اخیر نشان می‌دهند که چگونه می‌توان کامپیوتر را برای استخراج انواع تازهٔ اطلاعات از زیجهای دورهٔ اسلامی مبتنی بر روشهای پیچیدهٔ ریاضی به کار گرفت. بدین‌ترتیب، کامپیوتر به کارهای پیشگامانه‌ای که کندی و کینگ روی زیجهای دورهٔ اسلامی انجام داده‌اند [۹] ابعاد تازه‌ای می‌بخشد.

۴. نور شناخت (اپتیک)

اکنون به سراغ کاربردهای هندسه می‌رویم. از هندسه می‌توان در نور شناخت، به ویژه در نظریهٔ آینه‌ها و شکست نور استفاده کرد. به عنوان مثالی از پژوهشهای اخیر، کشف مهمی را در متنی راجع به آینه‌های سوزان با عنوان *کتاب‌الحرقات* نوشتهٔ ابوسعد علاءبن سهل ذکر می‌کنم. این ریاضیدان در قرن چهارم هجری می‌زیست و رسالهٔ خود را برای امیر صمصام‌الدوله از آل‌بویه که بین سالهای ۳۷۲ و ۳۷۶ هجری در بغداد حکومت می‌کرد نوشته است. از خاستگاه ابوسعد علاء چیزی نمی‌دانیم، اما او با چند ریاضیدان ایرانی چون ابوسهل کوهی و احمدبن محمدبن عبدالجلیل سجزی در حوالی سال ۳۶۰ هجری که آنان در شیراز بودند ارتباط داشت. این رسالهٔ ابوسعد علاء در بارهٔ آینه‌های سوزان را اخیراً رشدی راشد منتشر کرده است [۱۰].

مهمترین بخش این رساله در بارهٔ عدسیهای هذلولی‌گون است. ابوسعد علاء ثابت می‌کند که برخی عدسیهای هذلولی‌گون همهٔ پرتوهای خورشید را

فصلها اندکی تغییر می‌کند. به عبارت دیگر نمی‌توان ساعت را چنان تنظیم کرد که در همهٔ روزهای سال در ساعت ۱۲ خورشید دقیقاً در جنوب باشد. علت این تغییرات آن است که خورشید روی دایرةالبروج (نه استوای آسمانی) با سرعت نایکنواخت حرکت می‌کند.

منجمان دورهٔ اسلامی می‌توانستند اثر انباشتی این تغییرات را محاسبه کنند. این کمیت «تعدیل زمان» خوانده می‌شود. اگر تعدیل زمان را از زمان خورشیدی حقیقی بکاهیم، زمان خورشیدی متوسط به دست می‌آید که در محاسبات نجومی به کار می‌رود.

جدول تعدیل زمان کوشیار را در جدول ۱ آورده‌ایم. در این جدول ابتدا طول میانگین خورشید را، با اندکی جابه‌جایی که اکنون به آن نمی‌پردازیم، در نظر می‌گیریم (که با دانستن تاریخ در تقویم شمسی محاسبه می‌شود). مقادیر تعدیل زمان برحسب دقیقه و ثانیه در جدول داده شده است. مثلاً در ماه اسفند، طول میانگین خورشید بین ۳۳۰ و ۳۶۰ درجه است، پس تعدیل زمان بین ۱ دقیقه و ۱۰ دقیقه تغییر می‌کند.

کوشیار مقادیر تعدیل زمان (E) را از تابع زیر محاسبه کرده است:

$$E(\tilde{\lambda}) = \frac{۱}{۱۵}(\tilde{\lambda} + \Delta - \alpha(\tilde{\lambda} + \Delta - \overline{q}(\tilde{\lambda} + \Delta)) + c)$$

که در آن

$$\alpha(x) = \arctan(\cos\epsilon \cdot \tan x)$$
$$\overline{q}(x) = \arctan\left(\frac{e\sin(x - \lambda_A)}{۶۰ + e\cos(x - \lambda_A)}\right)$$

در اینجا $\tilde{\lambda}$ متغیر مستقل جدول (طول میانگین جابه‌جا شدهٔ خورشید)، ϵ میل دایرةالبروج، e خروج از مرکز مدار خورشید، λ_A اوج خورشید، c کمیتی به نام ثابت مبدأ، و Δ کمیتی موسوم به جابه‌جایی است. جزئیات این مفهومها مهم نیست؛ مهم این است که جدولی در یک نسخهٔ خطی دورهٔ اسلامی داریم که بر اساس یک تابع ریاضی شناخته شده و مقادیر مشخصه‌های ϵ، e، λ_A، c و Δ محاسبه شده است که برای منجمان آن دوره شناخته شده بود ولی اغلب ما از آن بی‌اطلاعیم.

در این مورد کوشیار مقادیر برخی از مشخصه‌هایی را که به کار برده، ذکر کرده است، اما در اغلب موارد این اطلاع در متنها داده نمی‌شود. حتی در این مورد، ممکن است بخواهیم امتحان کنیم که آیا این مشخصه‌ها واقعاً در محاسبهٔ جدول به‌کار رفته‌اند یا نه. زیرا این موضوع، دلیل اصالت جدول است. بنابراین برای بازیافتن مقادیر مشخصه‌های به کار رفته در جدول باید از برآوردگرهای آماری استفاده کرد. علت استفاده از آمار آن است که در این محاسبات خطاهای تصادفی ناشی از گردکردن وارد می‌شود.

آقای وان‌دالن این برآوردگرها را یافته و نشان داده است که مقادیر

جدول۱ جدول کوشیار برای تعدیل زمان [۶]

طول میانگین خورشید	تعدیل زمان	طول میانگین خورشید	تعدیل زمان
۰	۰;۹,۴۸	۱۸۰	۰;۲۴,۸
۶	۰;۱۱,۵۲	۱۸۶	۰;۲۶,۴
۱۲	۰;۱۳,۵۲	۱۹۲	۰;۲۷,۴۴
۱۸	۰;۱۵,۵۲	۱۹۸	۰;۲۹,۱۶۰
۲۴	۰;۱۷,۴۰	۲۰۴	۰;۳۰,۲۴
۳۰	۰;۱۹,۸	۲۱۰	۰;۳۱,۱۲
۳۶	۰;۲۰,۱۶	۲۱۶	۰;۳۱,۳۲
۴۲	۰;۲۱,۱۲	۲۲۲	۰;۳۱,۲۴
۴۸	۰;۲۱,۴۸	۲۲۸	۰;۳۰,۴۸
۵۴	۰;۲۱,۵۶	۲۳۴	۰;۲۹,۴۰
۶۰	۰;۲۱,۴۴	۲۴۰	۰;۲۷,۵۶
۶۶	۰;۲۱,۸	۲۴۶	۰;۲۵,۴۸
۷۲	۰;۲۰,۲۰	۲۵۲	۰;۲۳,۱۶
۷۸	۰;۱۹,۱۶	۲۵۸	۰;۲۰,۳۲
۸۴	۰;۱۷,۵۶	۲۶۴	۰;۱۷,۲۴
۹۰	۰;۱۶,۴۴	۲۷۰	۰;۱۴,۲۰
۹۶	۰;۱۵,۲۴	۲۷۶	۰;۱۱,۱۲
۱۰۲	۰;۱۴,۸	۲۸۲	۰;۸,۲۰
۱۰۸	۰;۱۳,۱۶	۲۸۸	۰;۵,۴۸
۱۱۴	۰;۱۲,۲۸	۲۹۴	۰;۳,۴۰
۱۲۰	۰;۱۲,۰	۳۰۰	۰;۱,۵۶
۱۲۶	۰;۱۱,۵۶	۳۰۶	۰;۰,۴۴
۱۳۲	۰;۱۲,۱۲	۳۱۲	۰;۰,۸
۱۳۸	۰;۱۲,۵۲	۳۱۸	۰;۰,۰
۱۴۴	۰;۱۳,۵۲	۳۲۴	۰;۰,۲۰
۱۵۰	۰;۱۵,۸	۳۳۰	۰;۱,۸
۱۵۶	۰;۱۶,۳۶	۳۳۶	۰;۲,۲۴
۱۶۲	۰;۱۸,۲۴	۳۴۲	۰;۳,۵۲
۱۶۸	۰;۲۲,۱۲	۳۴۸	۰;۵,۴۰
۱۷۴	۰;۲۲,۱۲	۳۵۴	۰;۷,۴۰

مشخصه‌ها در فاصله‌های اطمینان ۹۵٪ زیر واقع‌اند:

ϵ (۲۳° ۳۳′ ۴″, ۲۳° ۳۵′ ۰″)

e (۲° ۴′ ۲۷″, ۲° ۴′ ۵۵″)

λ_A (۸۴° ۱′ ۴۸″, ۸۴° ۱۴′ ۲۶″)

c (۴° ۳′ ۴۴″, ۴° ۴′ ۲″)

Δ (۱° ۵۷′ ۳۷″, ۲° ۲′ ۲۷″)

در این مورد، معلوم شده است که جدول زیج جامع مؤثق است، زیرا کوشیار می‌گوید که مقادیر مشخصه‌های $\Delta = ۲°$، $c = ۴° ۴'$ و $\lambda_A = ۸۴°$ را به کار برده است. کوشیار در جای دیگری مقادیر $\epsilon = ۲۳° ۳۵'$ و $e = ۲° ۴' ۴۵''$ را به کار برده است. پس می‌توان فرض کرد که در این

پژوهشهای اخیر پیرامون تاریخ ریاضیات و نجوم در تمدن اسلامی (قرنهای دوم تا نهم هجری)•

یان پ. هوخندایک
ترجمهٔ محمد باقری

۱. مقدمه

تاریخ ریاضیات و نجوم در تمدن اسلامی اکنون در بسیاری از کشورهای جهان در دست پژوهش است. این موضوع بسیار گسترده است و کتابها و مقاله‌های مربوط به آن به زبانهای مختلف منتشر می‌شود؛ بنابراین ترسیم چشم‌اندازکلی آن کار آسانی نیست. بخش عمدهٔ سخنرانی من عبارت خواهد بود از بیان برداشت شخصی خودم از برخی جهات تازهٔ پژوهش که طی ده سالهٔ اخیر مهم بوده‌اند و می‌توانند تصویر کلی تکوین علوم دورهٔ اسلامی را تا حدی دگرگون کنند. همچنین موارد مشخصی را ذکر خواهم کرد؛ بنابراین بخش عظیمی از پژوهشهای اخیر به علت محدودیت وقت در این سخنرانی ناگفته خواهد ماند. عذر مرا برای این ناگفته‌ها که متضمن هیچ داوریِ ارزشی نیست بپذیرید. در اینجا تنها می‌توانم دربارهٔ چند مثال بحث کنم و بناگزیر از ذکر بسیاری پژوهشهای فوق‌العاده ارزشمند اخیر چشم‌پوشی خواهم کرد [۱].

تا چندی پیش، در پژوهش تاریخ ریاضیات و نجوم دورهٔ اسلامی، بیشتر توجه معطوف بود به تاریخ حساب و متنهای نظری در بارهٔ جبر، هندسهٔ محض، مثلثات محض و نجوم که عمدتاً شامل نظریهٔ حرکت خورشید، ماه و سیارات بود. البته پژوهش در این زمینه‌ها همچنان ادامه دارد و طی سالهای اخیر کشفیات مهمی در آنها صورت گرفته است. یک نمونهٔ جالب، کشف نسخهٔ کامل ترجمهٔ لاتینی کتاب *حساب* محمدبن موسی خوارزمی به وسیلهٔ پروفسور منسو فولکرتس از مونیخ (آلمان) است [۲]. کتاب *حساب* خوارزمی در کل تاریخ ریاضیات اهمیت ویژه‌ای دارد. نقش تاریخی این متن چنان است که هنوز هر روش محاسبه‌ای را *الگوریتم* [مشتق از نام الخوارزمی] می‌نامیم. پیش از این، تنها نسخهٔ ناقصی از ترجمهٔ لاتینی این متن اساسی خوارزمی موجود بود و متن اصلی عربی آن هیچ‌گاه یافته نشده است.

در سالهای اخیر، برخی متنهای مهم عربی نیز برای نخستین بار منتشر شده است. به عنوان مثال *التذکره فی علم‌الهیئة* اثر خواجه نصیرالدین طوسی (همراه با ترجمهٔ انگلیسی و شرح عالی) به کوشش جمیل رجب در سال ۱۹۹۳ منتشر شده است [۳]. در زمینهٔ ریاضیات و نجوم در اسپانیای اسلامی هم کارهای زیادی انجام شده است [۴].

در پژوهشهای اخیر همچنین توجه زیادی به تاریخ ریاضیات عملی و نجوم عملی، تأثیر متقابل نظریه و عمل و زمینهٔ تاریخی علم مشاهده می‌شود. اکنون چند نمونهٔ بارز از این مقوله را ذکر می‌کنم که نشان‌دهندهٔ امکانات آتی این نوع پژوهش است.

۲. جدولهای نجومی: برآورد مقادیر مشخصه‌ها

ریاضیدانان و منجمان دورهٔ اسلامی بیش از صد زیج از خود بر جا گذاشته‌اند که هر کدام معمولاً حاوی بیش از ۱۰۰ جدول عددی مورد استفاده در محاسبات نجومی است. با استفاده از کامپیوتر می‌توان معلوم کرد که این جدولها به چه روشی و بر مبنای چه مقادیری برای مشخصه‌های نجومی محاسبه شده‌اند. این بررسی کامپیوتری را دو پژوهشگر جوان، بنو وان‌دالن از فرانکفورت (آلمان) و گلن وان‌بروملن از ادمونتن (کانادا) در بارهٔ متنهای نجومی مختلفی از دورهٔ اسلامی انجام داده‌اند. در این گفتار برخی از کارهای بنو وان‌دالن را در بارهٔ *زیج جامع* کوشیار بن لبان گیلانی (حدود ۳۹۰ هجری) ذکر می‌کنم. [۵].

کار آقای وان‌دالن مربوط است به جدول کوشیار برای تعدیل زمان. بنابراین ابتدا تعریفی غیرفنی از این مفهوم عرضه می‌کنم. در طول روز، زمان را می‌توان بر اساس موضع خورشید در آسمان سنجید، و به این ترتیب زمان خورشیدی حقیقی را به‌دست آورد. فاصلهٔ زمانی بین دو عبور نصف‌النهاری متوالی خورشید تقریباً ۲۴ ساعت است، اما مقدار دقیق این فاصله در طول