چشم‌انداز نجوم دورهٔ اسلامی

دیوید ا. کینگ[۱]
ترجمهٔ راضیه سادات موسوی[۲]

اشارهٔ مؤلف

از این که مسئولان مجلهٔ *میراث علمی* لطف کردند و با انتشار ترجمهٔ فارسی مقاله‌ام دربارهٔ نجوم دورهٔ اسلامی موافقت کردند، خرسندم. در این مقاله کوشیده‌ام مروری کلی داشته باشم بر مطالب جدیدی که برای نخستین بار از سال ۱۹۵۰ (توسط پروفسور کندی) تا سال ۱۹۹۵ (عمدتاً توسط دانشجویان او) بررسی شده‌اند.[۳]

سرشت نجوم دورهٔ اسلامی

از قرن سوم تا نهم هجری، دانشمندان مسلمان در همهٔ شاخه‌های دانش علمی پیشرو بودند. به ویژه دستاوردهای آنان در نجوم و ریاضیات چشمگیر است. تقریباً ده هزار نسخهٔ خطی نجوم دورهٔ اسلامی و نزدیک به هزار ابزار نجومی دورهٔ اسلامی در کتابخانه‌ها و موزه‌های خاور نزدیک، اروپا و آمریکای شمالی نگهداری می‌شود، اما آشکار است که حتی اگر تمامی آن‌ها هم به طور کامل فهرست‌برداری و رده‌بندی شوند- که البته هنوز از این مرحله بسیار دوریم- تصویری که می‌توانیم از نجوم دورهٔ اسلامی عرضه کنیم، به ویژه برای قرن‌های دوم، سوم و چهارم هجری، بسیار ناقص خواهد بود. بیشتر نسخه‌های خطی و ابزارهای موجود، مربوط به دوره‌های متأخر نجوم دورهٔ اسلامی، از قرن نهم تا سیزدهم هجری بازمی‌گردند، و اگرچه برخی از آن‌ها بر مبنای کارهای متقدم ساخته یا طراحی شده‌اند، بسیاری از آثار اولیه فقط در نمونه‌های خاص موجودند و سایر آثار تقریباً بدون هیچ نشانی از میان رفته‌اند و آن‌ها را تنها از عنوان‌شان می‌توان شناخت. در قرن هفتم هجری، ابن قفطی شامی، زندگینامه نویس علما می‌گوید که ابن سنبادی، منجم

---

1. David A. King, email: d.a.king@orange.fr

۲. کارشناس ارشد تاریخ علم raziesadatmusavi@gmail.com

۳. این مقاله ترجمه‌ای از اثر دیوید کینگ با نام Islamic Astronomy در کتاب *Astronomy before the Telescope* است که انتشارات موزهٔ بریتانیا آن را در سال ۱۹۹۶ به چاپ رسانده است. این اثر به توصیهٔ دیوید کینگ با توجه به اهمیت آن برای خوانندگان علاقمند فارسی زبان ترجمه و منتشر شده است. نگاه کنید به مقالهٔ «داستان دل سپردنم به تاریخ نجوم دورهٔ اسلامی» از دیوید کینگ، ترجمهٔ پویان رضوانی، میراث علمی، شمارهٔ ۳، ص ۲۷-۳۴.

دیوید آنتونی کینگ

مصری قرن هفتم، شنیده بود که رساله‌های موجود در کتابخانهٔ قاهره فهرست شده‌اند و بنابراین برای بررسی آثار مرتبط با زمینهٔ تخصصی خود، به آنجا رفت. او ۶۵۰۰ رسالهٔ مرتبط با نجوم، ریاضیات و فلسفه در آنجا یافت. امروزه حتی یکی از این آثار هم در میان ۲۵۰۰ نسخهٔ خطی علمی به جا مانده در قاهره حفظ نشده است.

بنابراین رساله‌های به جا مانده تنها شامل بخش کوچکی از آثاری هستند که در حقیقت نسخه‌برداری شده‌اند؛ با وجود این، بخش قابل توجهی از میراث علم اسلامی را برای ما حفظ کرده‌اند که مطمئناً برای قضاوت دربارهٔ سطح پیچیدگی آن، کافی است. تنها در چند دههٔ اخیر گسترهٔ فعالیت و دستاوردهای دانشمندان مسلمان آشکار شده است، و دورهٔ آن که مسلمانان را تنها به عنوان انتقال دهندگان دانش برتر باستان به اروپاییان غافل اما مشتاق در نظر می‌گرفتند، مدت‌هاست سپری شده است. نجوم دورهٔ اسلامی باید با عبارت‌های خاص خودش نشان داده شود.

این حقیقت که تنها بخش کوچکی از آثار موجود، عمدتاً آثار یونانی و هندی در کسوت عربی، در واقع به اروپا منتقل شدند، باید به عنوان رویدادی از تاریخ اسلام منظور شود. هیچ نیازی به توجیه علت کاربرد عبارت «نجوم دورهٔ اسلامی» نیست. طی چند قرن پس از وفات حضرت محمد (ص) در سال ۱۱ قمری، مسلمانان امتی ایجاد کردند که از اسپانیا تا آسیای مرکزی و هند گسترش یافت. ایشان نجوم عامیانه‌شان را با خود آوردند که بعدها با سنت‌های محلی درآمیخت، و سنت‌های ریاضی هندیان، ایرانیان و یونانیان را شناختند، آن را فرا گرفتند و با نیازهایشان مطابقت دادند. بنابراین نجوم اولیهٔ اسلامی گلچینی از ستاره‌شناسی عامیانهٔ اعراب پیش از اسلام و دانش نجوم هندی، ایرانی و یونانی بود، اما در قرن چهارم هجری، نجوم دورهٔ اسلامی ویژگی‌های بسیار متمایز خود را یافته بود. پروفسور عبدالحمید ابراهیم صبره این فرآیند را «توجه به اقتضائات و بومی‌سازی» می‌نامد.

در ابتدا باید خاطر نشان کنیم که نجوم در جامعهٔ اسلامی در دو سطح متفاوت شکوفا شد: نجوم عامیانه، عاری از نظریه و صرفاً بر مبنای آنچه می‌توان با چشم در آسمان دید؛ و دیگر نجوم

ریاضی، شامل رصدهای منظم و محاسبات و پیش بینی‌های ریاضی. فقها از نجوم عامیانه استقبال کردند، البته نه فقط به خاطر دستورات دینی مختلفی که نیاز به دانش ابتدایی از موضوع داشت؛ بلکه این عالمان عموماً فرصتی برای نجوم ریاضی (یا نیازی به آن) نداشتند. این شاخه از نجوم را گروه خاصی از عالمان گسترش دادند که بیشتر فعالیت‌ها و عقایدشان، جز در مورد احکام نجوم، در میان عموم جامعه طرفداران اندکی داشت.

چنان که خواهیم دید، منجمان همچنین در به کارگیری نجوم برای جنبه‌های خاصی از مناسک دینی نقش داشتند. این اسلام نبود که گسترش نجوم را تشویق می‌کرد، بلکه غنای جامعهٔ اسلامی، جامعه‌ای چندنژادی، بسیار فرهیخته و اهل مدارا، با یک زبان فرهنگی غالب یعنی عربی، عامل آن بود. البته دین اسلام مانع پیشرفت علمی هم نبود. پیامبر (ص) فرموده است: «دانش را بجویید، حتی اگر در چین باشد». اگرچه گاهی حاکمان متعصب مذهبی به تعقیب یا کشتار دانشمندان می‌پرداختند، به آن‌ها حمله می‌کردند یا کتابخانه‌هایشان را می‌سوزاندند، اما این موارد استثنا هستند. عالمان شرع که خود را نمایندگان اسلام می‌دانستند، اظهارات دانشمندان را، حتی دربارهٔ موضوعات مرتبط با مناسک دینی، معمولاً نادیده می‌گرفتند. نجوم، چنان که بر پایهٔ حجم روایت‌های مکتوب در این زمینه می‌توان قضاوت کرد، مهمترین علم اسلامی بوده است، اما بحث دربارهٔ آن در زمینهٔ وسیع‌تر شاخه‌های متفاوت دانش، که چندین بار در جاهای دیگر به آن پرداخته شده، فراتر از مجال این پژوهش است.

ستاره‌شناسی عامیانهٔ عربی

اعراب شبه جزیرهٔ عربستان قبل از اسلام مالک سنت نجوم عامیانهٔ ساده و در عین حال توسعه یافتهٔ تجربی بودند. این سنت شامل دانش طلوع و غروب ستارگان، به طور خاص مرتبط با غروب دسته‌ای از ستارگان در آسمان و تشریق[1] همزمان ستارگان دیگر بود که ابتدای دوره‌هایی با عنوان «نوء» (جمع: «انواء») را مشخص می‌کرد. این انواء سرانجام با بیست و هشت منزل ماه (شکل ۲)، که ظاهراً مفهومی با ریشهٔ هندی بود، مرتبط شدند. دانش گذر خورشید از دوازده برج منطقةالبروج، پدیده‌های هواشناسی و کشاورزی مرتبط با آن، اهلهٔ ماه، و نیز زمان‌سنجی ساده با استفاده از سایه‌ها در روز و منازل ماه در شب، مبانی نجوم عامیانهٔ اسلامی پس از آن را شکل داد که جدا از نجوم ریاضی در جامعهٔ اسلامی گسترش یافت.

بیش از بیست اثر دربارهٔ دانش اعراب پیش از اسلام از پدیده‌های آسمانی و هواشناسی که در ابتدایی‌ترین منابع عامیانهٔ عربی، یعنی شعر و ادبیات یافت شده‌اند، مربوط به تألیفات چهار قرن

۱. تشریق به معنای نخستین رؤیت صبحگاهی جسم پیش از طلوع خورشید بعد از خروج از تحت الشعاع است.

اول اسلام هستند. شناخته شده‌ترین آن‌ها، اثر ابن قتیبه است که در حدود سال ۲۶۰ قمری در بغداد نوشته شده است. سالنامه‌هایی نیز برای تعیین زمان امور کشاورزی، هواشناسی و نجومی پر اهمیت برای کشاورزان محلی تألیف شدند: چندین نمونهٔ آن‌ها از دورهٔ اسلامی به جا مانده‌اند، که یکی از آن‌ها برای قرطبه در سال ۳۶۱ قمری تهیه شده است. یمن به ویژه دارای سنت غنی نجوم عامیانه بود و سالنامه‌های پرشماری در آنجا نگاشته شده است.

از آنجا که خورشید، ماه و ستارگان در قرآن نام برده شده‌اند، آثار گسترده‌ای در ارتباط با آنچه می‌توان به درستی هیئت عامیانهٔ اسلامی نامید، به وجود آمد. این آثار ناگزیر با سنت اسلامی علمی‌تری که نخست بر مبنای منابع هندی و سپس عمدتاً منابع یونانی قرار داشت، نامرتبط بود. همچنین از آنجا که در قرآن گفته شده است انسان باید از این اجرام آسمانی برای مسیریابی استفاده کند، عالمان شرع به نجوم عامیانه روی آوردند. در ادامه رساله‌های مختلفی را معرفی می‌کنیم که دربارهٔ زمان‌سنجی ساده و تعیین سمت قبله با ابزارهای غیر ریاضی هستند.

شکل ۲: تصویری از ستارگان یکی از منازل ماه (الهَقعَة) در رساله‌ای مصری دربارهٔ نجوم عامیانه. جدول سمت راست اوج، طلوع و غروب منازل و منازل مقابل آن‌ها را (به زاویهٔ ۱۸۰°) در زمان‌های مختلف شب وقتی که خورشید در آن منزل است، نشان می‌دهد؛ همچنین این جدول تاریخ را بر اساس تقویم‌های قبطی، رومی (عجم) و سریانی، و نیز ارتفاع نیمروزی خورشید را هنگامی که در هر یک از ۱۳ درجهٔ منزل (۱۳ ≈ ۲۸ ÷ ۳۶۰) قرار دارد، به دست می‌دهد. متن مربوط به آن برخی از اطلاعات را تکرار و طول سایهٔ نیمروز را اضافه می‌کند (کتابخانهٔ چستربیتی، دوبلین، نسخهٔ خطی شمارهٔ ۴۵۳۸).

میراث علمی اسلام و ایران

منابع هندی و ایرانی

ظاهراً نخستین متون نجومی به عربی، در سند و افغانستان نوشته شده‌اند؛ سرزمین‌هایی که مسلمانان در قرن اول هجری فتح کرده بودند. دانش ما دربارهٔ این آثار اولیه، به طور کلی بر مبنای ارجاعات آثار بعدی به آن‌هاست. این آثار شامل متن و جدول‌هایی بودند که نامشان از واژهٔ فارسی [«زیگ»] به معنی «زه» یا «ریسمان» و با توسیع مفهومی، «تار پارچه»، زیج گذاشته شده بود، زیرا این جدول‌ها اندکی به آن شبیه بودند. زیج شهریاران از دورهٔ ساسانی، بازنویسی شده برای یزدگرد سوم، از زبان پهلوی به عربی ترجمه و زیج شاه نامیده شد، و منجمان منصور خلیفهٔ عباسی احتمالاً زمان سعد برای احداث پایتخت جدید او، بغداد را با استفاده از نسخهٔ قدیم‌تر پهلوی از این زیج تعیین کردند. زایجه‌های مختلف محاسبه شدهٔ ماشاءالله (بغداد، حدود ۱۸۴ قمری) در اثر تاریخ جهان او که بر مبنای اطلاعات طالع بینی نگاشته شده است[1]، بر اساس این اثر بوده است.

از راست: محمد باقری، ای. اس. کندی و مری هلن کندی، دیوید کینگ، همسر باریس روزنفلد، باریس رزنفلد

تاثیرات بعدی از نجوم هندی بر سنت اسلامی زمانی به اوج اهمیت رسید که هیئتی از فرستادگان از سند در حدود ۱۵۵ قمری به دربار منصور خلیفهٔ عباسی رسیدند. در میان این فرستادگان منجم هندی متبحری بود که اثری نجومی به زبان سانسکریت ظاهراً با نام مهاسیدهانتا با خود همراه داشت که تا حدودی برگرفته از کتاب برهماسپهوتا سیدهانتا بود. خلیفه به فزاری دستور داد که این متن را با کمک منجم هندی به عربی ترجمه کند. حاصل کار با نام زیج سندهند کبیر، پایهٔ مجموعه‌ای از

۱. به نظر می‌رسد منظور مؤلف رسالهٔ تحاویل سنی الموالید ابومعشر است.

زیج‌های منجمانی چون فزاری، یعقوب بن طارق، خوارزمی، حبش، ابن اماجور، نیریزی و ابن آدمی قرار گرفت که همه پیش از پایان قرن سوم قمری در عراق تهیه شده بودند. سنت سندهند در انـدلس، به ویژه از طریق تأثیر زیج خوارزمی در آنجا (ادامه را ببینید)، گسترش یافت. در نتیجه، تـأثیر نجـوم هندی از مراکش تا انگلستان در اواخر سده‌های میانه تأیید شده است.

منابع یونانی

کتاب مجسطی بطلمیوس دست کم پنج بار در اواخر قرن دوم و قرن سوم هجری ترجمه شد. نخستین آن‌ها ترجمه‌ای به زبان سریانی و بقیه به عربی بودند که دو ترجمهٔ اول به درخواسـت مـأمون خلیفـهٔ عباسی در میانهٔ نیمهٔ نخست قرن سوم هجری، و دوتای دیگر (که دومی اصلاح شدهٔ اولـی بـود) در اواخر همان قرن نگاشته شده است. تمامی آن‌ها در قرن ششم نیز که ابن صلاح از آن‌ها در نقدش بر فهرست ستارگان بطلمیوس استفاده کرد، همچنان در دسترس بودند. ایـن ترجمـه‌ها بـه شـکل‌گیری مجموعه‌ای از تفسیرها بر روی کل اثر یا بخشی از آن کمک کردند که بسیاری از آن‌ها آثـار انتقـادی بودند و کتاب ابن هیثم (حدود ۴۱۶ قمری)، رسماً الشکوک علی بطلمیوس نام داشت. پرکاربردترین نسخه از مجسطی در دورهٔ متأخر اسلامی، تحریر عالم جامع الاطراف، نصیرالدین طوسی از نسـخهٔ اواخر قرن سوم هجری در نیمهٔ قرن هفتم بـود. آثـار دیگـر بطلمیـوس، بـه ویـژه فرضـیات سـیاره‌ای [اقتصاص یا منشورات]۱ و پلانیسفریوم۲، همچنین دیگر آثـار یونـانی، از جملـه رسـاله‌های کوتـاه اطولوقس، آریستارخوس، ابسقلاوس و ثاوذوسیوس، و آثاری مرتبط با ابزار شناخته شدهٔ آنالما برای تبدیل مسئله‌های فضای سه بعدی به مسطح، نیز به عربی ترجمه شدند؛ نصیرالدین طوسی بیشتر این آثار را هم بعداً تحریر کرد. به این ترتیب، الگوهای سیاره‌ای، روش‌های ریاضی و آسمان‌سنجی یونانی در کانون توجه مسلمانان قرار گرفت. تحریرهای آنان از مجسطی نه تنها شامل بازنویسی و بازگویی محتوای آن بود، بلکه آن‌ها مطالب این کتاب را به گفتهٔ صلیبا «هـم از لحـاظ نظـری و هـم عملـی، تصحیح، تکمیل، نقد و روزآمد کردند»؛ بسیاری از این مطالب در سال‌های اخیر مطالعه نشده‌اند.

گسترش دانش نجوم

نجوم نظری

ساختار هندسی عالمی که منجمان مسلمان دورهٔ اولیـهٔ اسـلامی (حـدود ۱۸۰ تـا ۴۴۰ق) تصـور می‌کردند، کم و بیش همانی است که در مجسـطی بطلمیـوس بـا نظـامی شـامل هشـت فلـک کـه ضرورتاً به عنوان مدل‌های ریاضی در نظر گرفته می‌شـدند، بیـان شـده اسـت. امـا پـیش از ایـن در

1. Planetary Hypotheses
2. Planisphaerium

فرضیات سیاره‌ای بطلمیوس هم این الگوها بیانگر واقعیت فیزیکی تلقی می‌شدند؛ این متن نیز به زبان عربی موجود بود. برخی از مسلمانان قرن‌های اولیه دربارهٔ اندازه و فاصله‌های نسبی سیارات مطلب نوشتند و یکی از آن‌ها که مدلی فیزیکی برای عالم عرضه کرد، ابن هیثم (شکوفایی حدود ۴۱۶ قمری) بود. برای جدا کردن دو حرکت متفاوت فلک هشتم، یکی حرکت ستارگان در اثر تقدیم اعتدالین و دیگری حرکت ستارگان به سبب چرخش روزانهٔ ظاهری، ابن هیثم فلک نهمی مطرح کرد که عامل چرخش روزانهٔ ظاهری فلک‌های دیگر باشد.

آثار عربی مختلف دربارهٔ مفهوم اقبال و ادبار اعتدالین نیز از منظر تاریخی جالب توجه است. این نظریه که از منابع یونانی آغاز شد، طرفدارانی پیدا کرد که آن را با پدیده‌های رصد شده همخوان‌تر از نظریهٔ سادهٔ تقدیم یکنواخت می‌دانستند. الگوهای ریاضی پیشنهاد شده بسیار پیچیده بودند و تنها در سال‌های اخیر به طور کامل مطالعه شده‌اند [به ویژه الگوهای فردی که به نادرست ثابت بن قره تصور شده (تاریخ نامعلوم)، و زرقالی (اندلس، حدود ۴۶۲ ق) که به نظر می‌رسد از نظریات دانشمند پیش از خود، صاعد اندلسی استفاده کرده است]. نظریهٔ اقبال و ادبار اعتدالین همچنان ذهن برخی دانشمندان مسلمان را (در دورهٔ متاخر عمدتاً در مغرب) به خود مشغول داشت، کما این که توجه دانشمندان اروپایی را هم تا عصر نوزایی (رنسانس) به خود جلب کرد. تاریخچهٔ تطور این مفهوم هنوز نوشته نشده است.

دیگر اصلاحات مهم مسلمانان در الگوهای سیاره‌ای بطلمیوسی، برای چیرگی بر ایرادات فلسفی وارد بر مفهوم فلک معدل المسیر و مسئلهٔ تغییرات در فاصلهٔ ماه در الگوی بطلمیوسی برای ماه بود، به دورهٔ بعدی نجوم دورهٔ اسلامی تعلق داشت (شکل ۳). دو مکتب اصلی در این باره وجود داشت، یکی از آن‌ها که کامل‌ترین تبیین خود را در قرن هفتم هجری در مراغه (به ویژه در زمان نصیرالدین طوسی و همکارانش) و در قرن هشتم در دمشق (با ابن شاطر) یافت، و دیگری که در اواخر قرن ششم در اندلس (به ویژه با ظهور بطروجی) ایجاد شد. مکتب دوم از همان ابتدا به پیروی چشم‌بسته از عقاید (اشتباه) ارسطویی و بی‌کفایتی در دانش ریاضی محکوم بود. مکتب اول بر اساس اصلاحات پیچیده در الگوهای بطلمیوسی و در برخی موارد تحت تأثیر رصدهای تازه بود. این مکتب که همچون محققان علم جدید، خود بطلمیوس را هم می‌توانست تحت تأثیر قرار دهد، تنها در نیمهٔ دوم قرن حاضر دوباره کشف و مطالعه شد. در دههٔ ۱۹۵۰ میلادی کندی دریافت که الگوهای حرکت خورشید، ماه و سیارات که ابن شاطر در کتابی با عنوان نهایة السئول فی تصحیح الأصول عرضه کرد، متفاوت با الگوهای بطلمیوسی است؛ در واقع آن‌ها به لحاظ ریاضی مانند الگوهای کوپرنیکی بودند که در حدود ۱۵۰ سال بعد عرضه شد. بر اساس نظر صلیبا ابن شاطر در این اثر جزئیات الگویی را پایه‌ریزی کرد که از نظر او تدوین نظری صحیح از مجموعه‌ای از الگوهای سیاره‌ای بود که حرکات سیارات را توضیح می‌دادند، و

در حقیقت قصد داشت آن را جایگزین الگوی بطلمیوسی کند. او به نظام زمین مرکزی وفادار ماند، اما کوپرنیک فرضیهٔ خورشید-مرکزی را طرح کرد؛ البته نتوانست آن را اثبات کند. با وجود این، چنین کشف مهمی این سؤال جالب را برانگیخت که آیا کوپرنیک از آثار این منجم دمشقی آگاه بوده است یا نه.

شکل ۳: یک الگوی سیاره‌ای غیر بطلمیوسی برای ماه در نسخه‌ای از رسالهٔ تحفهٔ شاهیهٔ قطب الدین شیرازی دربارهٔ نجوم سیاره‌ای که در ۶۸۴ هجری در سیواس (آناتولی) کتابت شده است. دانشمندان عصر جدید تنها از دههٔ ۱۹۵۰ میلادی به بعد این الگوها را بررسی کرده‌اند؛ کشف این مطلب که مجموعه‌ای از منجمان مسلمان از قرن پنجم تا دهم هجری وقت خود را صرف بررسی چنین الگوهایی کردند، و الگوهایی بدون ایرادات الگوهای بطلمیوسی پدید آوردند، نظریهٔ سیاره‌ای دورهٔ اسلامی را بیش از پیش جذاب ساخته است (کتابخانهٔ ملی مصر، قاهره، نسخهٔ خطی شمارهٔ K۳۷۵۸).

از دههٔ ۱۹۵۰ به مرحلهٔ جدیدی از تحقیق رسیده‌ایم: اکنون می‌دانیم یک سلسله از منجمان مسلمان از قرن پنجم تا دهم هجری به بررسی الگوهایی متفاوت با الگوهای بطلمیوسی پرداختند، که به منظور رفع نواقص موجود در آن‌ها طرح می‌شد. سؤالی که اکنون ممکن است بپرسیم این است که: آیا کوپرنیک از هیچ یک از این آثار مسلمانان تأثیر گرفت؟ پاسخ این سؤال که قاعدتاً باید چنین باشد، راضی کننده نیست؛ اما هنوز اثباتی قطعی برای آن وجود ندارد.

نجوم ریاضی- سنت زیج‌نویسی

با توجه به تنوع موضوعات مورد بررسی و اطلاعاتی که جدول‌ها عرضه می‌کنند، زیج‌های اسلامی بخش مهمی از متون نجومی برای مورخان علم هستند. در سال ۱۹۵۶، کندی پژوهشی دربارهٔ تقریباً ۱۲۵ زیج اسلامی به چاپ رساند[۱]. در حال حاضر ما بیش از ۲۰۰ نمونه از آن‌ها را

۱. ترجمهٔ فارسی: پژوهشی در زیج‌های دورهٔ اسلامی، ترجمهٔ محمد باقری، شرکت انتشارات علمی و فرهنگی، تهران، ۱۳۷۴.

می‌شناسیم، و اطلاعات تکمیلی برای ویراست جدید این پژوهش در دسترس است. البته بسیاری از این آثار گم شده‌اند و بسیاری از زیج‌های موجود، از اصلاح، اقتباس یا سرقت آشکار از دیگر زیج‌ها به دست آمده‌اند. با وجود این، تعداد کافی نسخه‌های زیج برای بازسازی تصویر صحیح و قابل قبولی از فعالیت منجمان دورهٔ اسلامی در این زمینه موجود است.

بیشتر زیج‌ها شامل چند صد صفحه متن و جدول هستند؛ شیوهٔ عرضهٔ مطالب مختلف ممکن است به صورت قابل ملاحظه‌ای از یک زیج به زیج دیگر متفاوت باشد. موارد زیر از نجوم ریاضی معمولاً در زیج‌ها عرضه می‌شود:

۱) گاهشماری
۲) مثلثات
۳) نجوم کروی
۴) حرکات میانگین (اوساط) خورشید، ماه و سیارات
۵) تعدیل‌های خورشید، ماه و سیارات
۶) عرض ماه و سیارات
۷) ایستگاه‌های سیارات
۸) اختلاف منظر
۹) گرفت‌های ماه و خورشید
۱۰) رؤیت‌پذیری ماه و سیارات
۱۱) جغرافیای ریاضی (فهرستی از شهرها با مختصات جغرافیایی آن‌ها) و تعیین سمت قبله
۱۲) آسمان سنجی (جدول ستارگان با مختصات آن‌ها)
۱۳) اختربینی ریاضی

چنان که گفته شد، تا قرن دوم هجری در هند و افغانستان تعدادی زیج به زبان عربی نوشته شده بود. این نمونه‌های اولیه که بر مبنای آثار هندی و ساسانی نوشته شده‌اند، مانند آثار متقدم قرن دوم تألیف شده در بغداد، از میان رفته‌اند. در مورد زیج‌هایی که در اوایل قرن سوم هجری در بغداد و دمشق با حمایت مأمون عباسی نوشته شده، وضع بهتر است. این آثار از سنت مجسطی و جدول‌های آسان[1] یا از سنت هندی پیروی می‌کنند. نسخه‌هایی از زیج ممتحن یحیی بن ابی منصور و زیج حبش حاسب در دمشق به دست ما رسیده است که همگی بر مبنای نظریهٔ بطلمیوس هستند نه نظریات هندی. زیج خوارزمی که عمدتاً بر اساس سنت‌های هندی و فارسی نگاشته شده است، تنها در یک ترجمهٔ لاتینی از تحریر اندلسی آن به جا مانده است. زیج صابی بتانی حدود

1. *Handy tables*

سال ۲۹۷ قمری در رقّه و زیج حاکمی ابن یونس در قاهره در اواخر قرن چهارم هجری نوشته شده است. زیج دیگری به نام قانون مسعودی ابوریحان بیرونی در حدود سال ۴۱۶ قمری در غزنه، زیج ابن اسحاق حدود ۵۹۱ قمری در تونس، زیج ایلخانی نصیرالدین طوسی در اواسط قرن هفتم هجری در مراغه، و زیج سلطانی الغ بیگ در اوایل قرن نهم هجری در سمرقند، نوشته شده است که همگی از مهمترین آثار بعدی این شیوهٔ زیج‌نگاری و همچنین از اثرگذارترین آن‌ها هستند.

تنها زیج‌های مربوط به ابتدای دورهٔ نجوم دورهٔ اسلامی که با ترجمه و شرح منتشر شدند، متعلق به خوارزمی (در تحریر بسیار اصلاح شدهٔ بعدی) و بتانی هستند. متن عربی زیج بیرونی و ترجمه و شرح آن به زبان روسی منتشر شده است. گزارش‌های رصدی موجود در مقدمهٔ زیج حاکمی ابن یونس و متن (و نه جدول‌های) زیج‌های ابن بنا (مراکش، حدود ۷۰۰ قمری)، و زیج الغ بیگ چاپ و ترجمه شده‌اند. ترجمهٔ یونانی یکی از زیج‌های فهاد (ایران، حدود ۵۴۴ قمری) نیز منتشر شده است. به هیچ یک از زیج‌های دیگر تاکنون چنین توجهی نشده است.[۱]

اگرچه زیج‌ها از مهمترین منابع دانش ما دربارهٔ نجوم ریاضی دورهٔ اسلامی هستند، باید توجه داشت که عموماً دارای جدول‌های فراوان و توضیحات مرتبط با اختربینی ریاضی نیز هستند. متون اختربینی اسلامی، آثار مستقلی از ادبیات آن دوره را شکل می‌دهند که پژوهشگران امروزی کار چندانی روی آن‌ها انجام نداده‌اند. این آثار گاهی شامل روش‌های بسیار پیچیدهٔ ریاضی‌اند. همچنین باید اشاره کنیم که هرچند اختربینی در اسلام راستین تکفیر شده، در جامعهٔ اسلامی همیشه رواج داشته است (و هنوز هم دارد).

در ادامه، جنبه‌های مختلف زیج‌ها و آثار مرتبط با آن‌ها را بررسی خواهیم کرد.

نمادگذاری عددی و جدول‌های ریاضی: تمامی مقادیر جدول‌های نجومی اسلامی اولیه با حروف ابجد عربی ثبت شده‌اند و شصتگانی، یعنی در پایهٔ ۶۰ هستند. مقداری که با حروف ابجد نوشته شده و معادل «ثانیه ۱۷ ۳۰ ۲۳» است (عددی که الغ بیگ برای میل کلی در نظر گرفت)، بیانگر ۱۷/۳۶۰۰ + ۳۰/۶۰ + ۲۳ درجه یعنی ″ ۱۷ ′۳۰ ° ۲۳ می‌باشد. در حساب شصتگانی بیشتر از حساب دهدهی، در دست داشتن جدول ضرب مفید است، و چنین جدول ضرب‌هایی با ۳۶۰۰ یا حتی ۲۱۶۰۰۰ خانه وجود داشته است.

در اوایل قرن سوم هجری، منجمان مسلمان تابع پیچیدهٔ سینوس هندیان را با استفاده از مبنای شصتگانی یونانی (که یونانیان از آن برای تابع دشوارتر کمان خود استفاده کرده بودند) بازسازی کردند. به همین صورت، تابع هندی ظل (تانژانت) ، که در نجوم یونانی ناشناخته بود، با پایه‌های متفاوتی

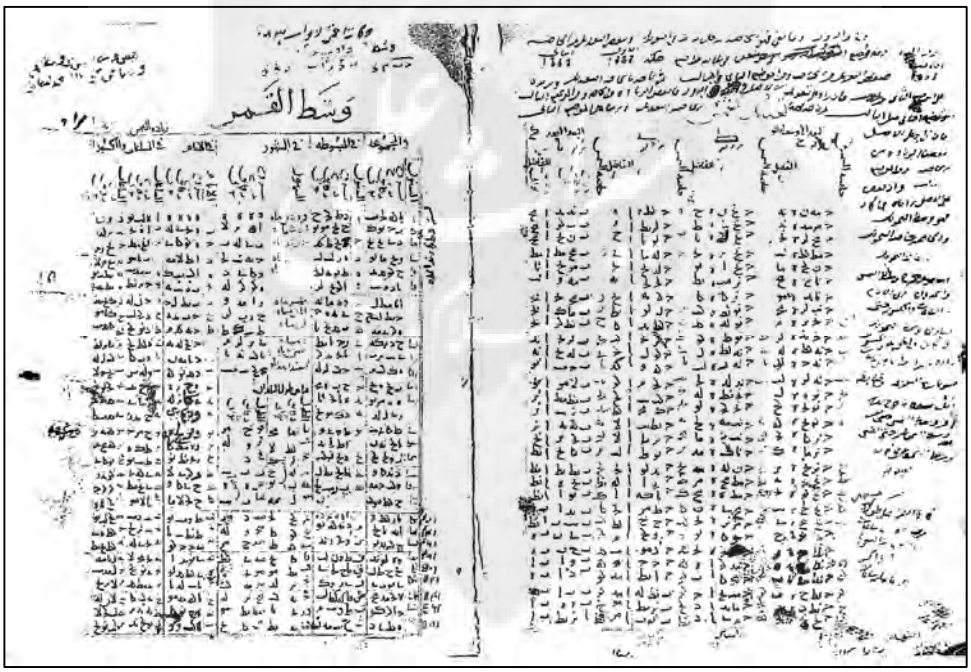
۱. متن عربی و ترجمهٔ انگلیسی دو مقاله (از چهار مقالهٔ) زیج جامع کوشیار گیلانی در سال ۲۰۰۹ در فرانکفورت منتشر شده است.ـ م

(۱۲، ۶، ۶/۵ و ۷، و همچنین ۶۰ و گاهی هم ۱) پذیرفته شد. بیشتر زیج‌ها دارای جدول‌های تابع سینوس و (کو)تانژانت برای هر درجه، یا نیم درجه یا ربع درجهٔ کمان بودند. داده‌های جدول‌ها عموماً تا سه رقم شصتگانی عرضه می‌شدند که تقریباً معادل پنج رقم دهدهی بود. اما برخی از دانشمندان مسلمان مجموعهٔ گسترده‌تری از جدول‌های مثلثاتی را نگاشتند که در زیج‌ها وجود نداشت. در اوایل قرن چهارم هجری، سمرقندی، مجموعه‌ای از جدول‌های تابع تانژانت را با اعدادی تا سه رقم شصتگانی برای هر دقیقهٔ کمان تهیه کرد. پس از او در همان قرن، ابن یونس جدول تابع سینوس را تا پنج رقم شصتگانی، تقریباً معادل نه رقم دهدهی، برای هر دقیقهٔ کمان نوشت که تفاضل مربوط به هر ثانیه را هم می‌داد. ابن یونس تابع تانژانت را هم برای هر دقیقهٔ کمان، و میل خورشید را برای هر دقیقهٔ طول خورشید جدول‌بندی کرد. جدول‌های مثلثاتی او برای تضمین درستی این تعداد ارقام با معنی، به اندازهٔ کافی دقیق نبود و چهار قرن طول کشید تا جدول‌های مثلثاتی بی‌بدیل زیج سلطانی الغ بیگ در سمرقند تألیف شود که مقدار سینوس و تانژانت را تا پنج رقم شصتگانی برای هر دقیقهٔ متغیر مستقل مشخص می‌کند و معمولاً تا رقم آخر دقیق است.

جدول‌های سیارات و تقویم‌های نجومی: با داشتن الگوها و جدول‌های بطلمیوسی حرکت میانگین (وسط) و تعدیل خورشید، ماه و سیارات که در مجسطی و جدول‌های آسان در اختیار مسلمانان بود، یا جدول‌های متناظر مبتنی بر الگوهای هندی و یادآور سنت سندهند، منجمان مسلمان از قرن سوم تا دهم هجری کوشیدند تا پارامترهای عددی به کار رفته در این جدول‌ها را بهبود بخشند. بیشتر منجمان برجستهٔ مسلمان در دورهٔ آغازین، رصدهای خورشیدی انجام دادند و جدول‌های تعدیل خورشید را از نو محاسبه کردند. ابن یونس تنها منجمی از چهار قرن آغازین اسلام شناخته می‌شود که مجموعهٔ جدیدی از جدول‌های تعدیل ماه را نگاشت. بیشتر جدول‌های تعدیل سیارات در نجوم دورهٔ اسلامی، بطلمیوسی هستند، و در مواردی که به استثنایی برمی‌خوریم، مانند جدول‌های ابن اعلم و ابن یونس برای عطارد، درمی‌یابیم که نه بر اساس رصدی جدید، بلکه مبتنی بر پارامتری از نجوم دورهٔ ساسانی‌اند. تا زمانی که نسخهٔ جدید پژوهش کندی دربارهٔ زیج‌های دورهٔ اسلامی برای عرضهٔ همهٔ پارامترهای در دسترس و نیز داده‌های زندگینامه‌ای- کتابشناسی و طبقه‌بندی دوبارهٔ ۲۰۰ و اندی زیج در گروه‌های کاملاً مشخص شده انجام نشود، بهتر است فعلاً در این باره سخن بیشتری نگوییم.

بطلمیوس داده‌هایی مشابه با داده‌های هیپارخوس را برای تعیین اوج خورشید به کار برد و بنابراین همان نتیجه را به دست آورد. از این رو مسلمانان این برداشت را به ارث بردند که اوج خورشید نسبت به ستارگان، ثابت است (اگرچه اوج سیارات با حرکت تقدیمی جابه‌جا می‌شود)، و آن‌ها بودند که نخستین رصدهایشان حاکی از حرکت اوج خورشید به میزان تقریبی

°۱۵ از زمان هیپارخوس بود. بیشتر منجمان مسلمان در ابتدا مقدار °۱ در $66\frac{2}{3}$ سال ایرانی مذکور در زیج ممتحن (همان پارامتر تأیید شده در منابع اولیهٔ فارسی) را برای هر دو مقدار تقدیم اعتدالین و حرکت اوج‌ها پذیرفتند. ابن یونس تمامی داده‌های مورد نیاز را برای اثبات این که حرکت اوج خورشید همان حرکت برآمده از تقدیم اعتدالین نیست، در اختیار داشت، اما او استفاده از مقدار مشترکی برای هر دو کمیت را برگزید، یعنی °۱ در $70\frac{1}{4}$ سال ایرانی، که اتفاقاً به اندازهٔ واقعی تقدیم اعتدالین بسیار نزدیک است. ظاهراً بیرونی (آسیای مرکزی، حدود ۴۱۶ قمری) نخستین کسی بود که حرکت ویژهٔ[1] اوج خورشید را از حرکت تقدیمی بازشناخت (این اکتشاف گاهی به خطا به بتانی نسبت داده می‌شود). اولین کسی که به هر دو حرکت مقداری عددی نسبت داد، زرقالی (اندلس، حدود ۴۶۲ قمری) بود، گر چه او نیز بر نظریهٔ اقبال و ادبار صحه گذاشت.



شکل ۴: نمونه‌ای از جدول‌های نجومی در زیجی از دورهٔ اسلامی. در این جدول تعدیل خورشید (سمت راست) و حرکت میانگین ماه (سمت چپ) نشان داده شده است. این نمونه‌ها در نسخهٔ خطی یمنی از زیج دانشمند ایرانی، کوشیار بن لبان [گیلانی] یافت شده است که در حدود ۴۱۰ هجری نگاشته و در حدود ۶۵۰ هجری رونویسی شده است. این رساله حاشیه‌های مختلفی دربرگیرندهٔ اصلاحات جداول برای طول جغرافیایی صنعا دارد. یمن مرکز نجومی مهمی در دورهٔ اسلامی بوده است (کتابخانهٔ ملی مصر، قاهره، نسخهٔ خطی شمارهٔ DM ۴۰۰).

1. proper motion

همهٔ زیج‌های دورهٔ اسلامی شامل جدول‌هایی برای حرکات میانگین و تعدیل‌هایی برای محاسبهٔ موقعیت خورشید، ماه و سیارات در زمان مفروض هستند (شکل ۴). برخی از جدول‌های تعدیل در قالبی مناسب‌تر برای کاربران طرح‌ریزی شده‌اند (چنان که شخص به سادگی می‌تواند بدون هیچ محاسبه‌ای، حرکات میانگین را در جدول بیابد). گاهی جدول‌های کمکی برای تدوین تقویم‌های نجومی بدون محاسبات ملال‌آور موقعیت‌های روزانه به وسیلهٔ حرکت میانگین و جدول‌های تعدیل در دسترس بود. منجمان مسلمان از قرن سوم تا سیزدهم هجری تقویم‌های نجومی‌ای تألیف کردند که موقعیت‌های خورشید، ماه و سیارات را برای هر روز از سال در کنار اطلاعاتی از شروع ماه‌های قمری و احکام نجومی از روی جایگاه ماه نسبت به سیارات نشان می‌دادند. بیرونی چگونگی نگارش تقویم‌های نجومی را با جزئیات در اثر نجومی و اختربینی خود التفهیم لأوائل صناعة التنجیم شرح داده است. میزان فرسایش نسخه‌های خطی تقویم‌های نجومی بسیار زیاد بود، چرا که کاربرد جدول‌ها با پایان یافتن سال از میان می‌رفت: کهن‌ترین نمونه‌های کامل موجود به قرن هشتم یمن برمی‌گردد، که در دههٔ ۱۹۷۰میلادی در قاهره پیدا شد و هنوز هم چاپ نشده است؛ از سوی دیگر در واقع صدها تقویم نجومی از دورهٔ عثمانی متأخر به جا مانده است.

مختصات ستارگان و کیهان‌نگاری[1]

بیشتر زیج‌ها دارای فهرستی از مختصات ستارگان در دستگاه استوایی یا دایرةالبروجی، یا گاهی در هر دو دستگاه هستند. بررسی مختصات ستارگان در زیج‌های اسلامی، که تاکنون اجرا نشده است، دستاورد ارزشمندی برای تاریخ نجوم دورهٔ اسلامی خواهد بود، و می‌تواند به تعیین میزان رصدهای مستقلی که منجمان مسلمان انجام داده‌اند، کمک کند. پاول کونیچ[2] در چند سال اخیر پژوهش‌های چشمگیری روی نام‌های عربی ستارگان و تأثیر بعدی آن‌ها در اروپا انجام داده است.

صوفی، منجم مقیم شیراز قرن چهارم هجری در صورالکواکب فهرستی از مختصات ستارگان را در کنار ترسیم صورت‌های فلکی برگرفته از سنت یونانی مآبی، و نیز اطلاعاتی دربارهٔ منازل ماه از سنت عربی عرضه کرده است. آثار اسلامی پس از او دربارهٔ کیهان‌نگاری غالباً محدود به ترجمه‌های ترکی و فارسی صورالکواکب هستند، اگرچه برخی آثار اختربینی نیز حاوی تصاویری از صور فلکی‌اند که در سال‌های اخیر توجه مورخان هنر اسلامی را به خود جلب کرده است.

نجوم کروی و مثلثات کروی

در مقدمهٔ اکثر زیج‌ها راه‌حل‌هایی برای مسائل متداول نجوم کروی از قبیل تعیین زمان از روی ارتفاع خورشید و ستارگان ذکر می‌شد. به ندرت توضیحاتی دربارهٔ چگونگی استخراج دستورهای به

1. uranography
2. Paul Kunitzsch

کار رفته در متن می‌توان یافت. دو سنت اصلی در این زمینه وجود داشت. در روش اول، مسائل مرتبط با کرهٔ سماوی به مسائل مثلثاتی یا هندسی در صفحه تحویل می‌شد. روش ترسیمی موسوم به آنالما، ابزار فوق العاده قدرتمندی برای راه‌حل‌هایی از این دست بود. در روش دوم، مسائل با استفاده از دستورهای مثلثات کروی حل می‌شدند. هر دو روش در نهایت منشأ یونانی دارند و دانشمندان مسلمان در هر دو زمینه دستاوردهای اساسی بدان‌ها افزودند.

برخی سردرگمی‌ها دربارهٔ این افزوده‌ها در نوشتارهای جدید وجود دارد. مؤلفان امروزی پذیرفته‌اند که هر گاه یک مؤلف مسلمان از رابطهٔ رایج دورهٔ اسلامی استفاده کند که به لحاظ ریاضی معادل رابطهٔ امروزی برگرفته از یک دستور خاص مثلثات کروی است، وی دستور امروزی مثلثات کروی معادل آن را می‌دانسته است. اما در واقع دستور مربوط به دورهٔ اسلامی ممکن است کاملاً بدون استفاده از مثلثات کروی به دست آمده باشد. نخستین رسالهٔ شناخته شده دربارهٔ مثلثات کروی که مستقل از نجوم نگاشته شده، متعلق به ابن معاذ اندلسی در قرن پنجم هجری است. افزوده‌های دانشمندانی چون ثابت بن قره، نیریزی، ابوالوفاء بوزجانی، خجندی، کوشیار بن لبان، سجزی و ابونصر در زمینهٔ نجوم کروی، در مقالید علم الهیئة، رسالهٔ نویافتهٔ ابوریحان بیرونی که آن هم به قرن پنجم هجری تعلق دارد، بیان شده است.

پیش از آن، در کار حبش حاسب در نیمهٔ قرن سوم هجری، منجم مسلمانی را می‌یابیم که از هر دو روش مثلثات کروی و ساختار آنالما برای حل مسائل نجوم کروی به راحتی استفاده می‌کند. در زیج‌های دانشمندان برجسته‌ای چون ابن یونس و بیرونی، روش‌های مختلفی برای حل تمامی مسائل متعارف نجوم کروی دورهٔ اسلامی به چشم می‌خورد. جدول‌های مثلثاتی کمکی که دانشمندانی چون حبش حاسب، ابونصر عراق (حدود ۳۹۰ قمری) و خلیلی (حدود ۷۶۰ قمری) برای حل همهٔ مسائل نجوم کروی برای هر عرض جغرافیایی نگاشته‌اند، گواه محکمی بر تبحر آن‌ها در این موضوع است.

کاربردهای نجوم در اعمال مختلف شرعی

تقویم قمری

تقویم مسلمانان قمری است و ماه‌های عرفی با نخستین رؤیت هلال ماه آغاز می‌شوند. تعیین دقیق آغاز و پایان ماه‌ها به ویژه برای ماه رمضان، ماه مقدس روزه‌داری و دیگر مراسم مذهبی اهمیت دارد. عالمان شرع به تکیه بر رؤیت مستقیم هلال یا ایجاد توازن بین ماه‌های ۲۹ و ۳۰ روزه برای تنظیم تقویم راضی بودند. اما موضوع مشاهدهٔ هلال ماه عموماً در زیج‌ها مورد بررسی قرار می‌گرفت (شکل ۵)، و روش‌ها و جدول‌های گوناگونی برای ساده‌تر کردن حل این

میراث علمی اسلام و ایران

مسئله ابداع شد. به عنوان مثال، خـوارزمی جـدولی بـرای کمتـرین کشـیدگی (تفـاوت طـول) دایرةالبروجی خورشید و ماه برای تمام برج‌های دایرةالبروج در عرض جغرافیایی بغـداد تـألیف کرد، و یکی دیگر از نخستین منجمان مسلمان احتمالاً در اندلس، جدول مشابهی بـرای تمـام اقلیم‌ها تألیف کرد که بی‌شک ملهم از جدول‌های بطلمیوس برای رؤیت‌پـذیری سـیارات بـود. چند تن از اولین منجمان مسلمان، به ویژه ثابت بن قره و ابن یونس، شرایطی را وضع کردند که ظاهراً بسیار پیچیده‌تر بود، هر چند که هنوز مفهوم آن‌ها به طـور کامـل معلـوم نیسـت. برخـی دیگر چون بتّانی و زرقالی، صرفاً بر روی اعداد کار کردند و روش‌های پیچیده‌ای را از این نظـر بنیادی استخراج کردند که رؤیت زمانی ممکن است که کشیدگی دایرةالبروجی ° ۱۲ یا به اندازهٔ حرکت نسبی روزانهٔ خورشید و ماه، پس از مقارنه باشد. متأسفانه هیچ دادهٔ رصدی از منجمـان مسلمان برای رؤیت هلال ماه به ما نرسیده است و جز در چند مورد اسـتثنا کـه هنـوز بررسـی نشده است، ظاهراً هیچ کدام از مجموعه شرایط متفاوت پیشـنهاد شـدهٔ منجمـان مسـلمان بـر مبنای چنین داده‌هایی نبوده است.

شـکل ۵: بخشـی از یـک مجموعـه جـدول‌های مصری که محاسبات رؤیت هـلال مـاه را نشـان می‌دهد. این جـدول‌ها بـرای هـر مـاه قمـری در سال‌های ۱۱۲۵ و ۱۱۲۶ قمـری، طـول و عـرض ماه، جدایی زاویـه‌ای خورشـید و مـاه، و تفـاوت زمان غروب آن‌ها را در غروب اولین روز هر مـاه عرفی به هرماه یـک پـیش‌بینـی عرضـه می‌کننـد: [هلال ماه] «آشکارا»، «احتمالاً (یعنی در بیشـتر جاها)»، «به سختی» دیده می‌شود یـا «بـه هـیچ وجه» دیده نمی‌شود. در مورد اخیر، ماه رسـماً از غروب بعدی آغاز می‌شود. (کتابخانهٔ ملی مصر، قاهره، نسخهٔ خطی شمارهٔ ۱۵۵ DṢ).

امروزه مشخص کردن آغاز ماه رمضان اغلب با سردرگمی همراه است که در دورهٔ اسلامی هرگز نمی‌توانست اتفاق بیفتد. این سردرگمی نتیجهٔ این حقیقت است که امکان دارد هلال ماه در برخی جاها دیده شود و در جاهای دیگری دیده نشود؛ همچنین می‌تواند در نتیجهٔ عدم تمایل عالمان دینی که حرف آخر را در اعلام آغاز ماه جدید می‌زنند، به پیروی از سخن منجمان باشد.

اوقات نماز

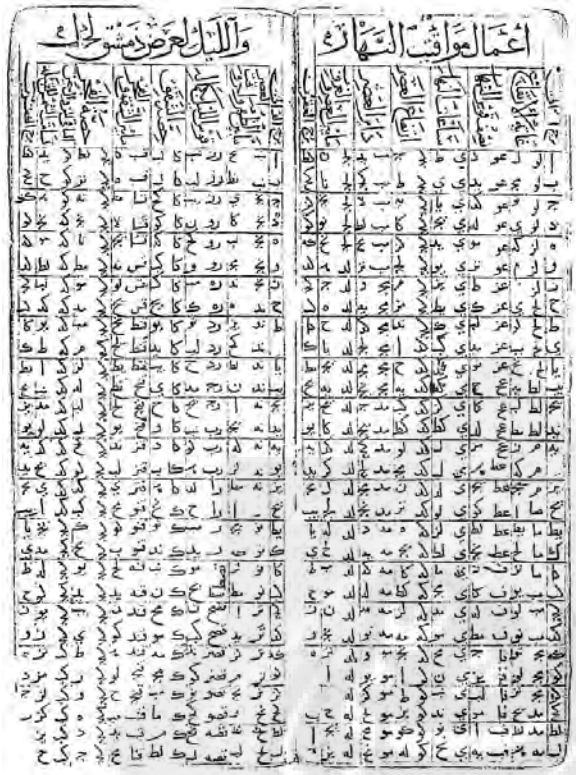
در اسلام اوقات نماز با معیارهای نجومی تعیین شده است. تعاریف رایج اوقات پنج‌گانهٔ نماز که هنوز هم به کار برده می‌شود، به اختصار چنین است: روز مسلمانان از غروب شروع می‌شود و بازهٔ زمانی که نخستین نماز (مغرب) برپا می‌شود، از هنگام غروب تا سر شب است. فرصت دومین نماز (عشاء) از سر شب آغاز می‌شود و تا سپیده‌دم ادامه دارد[1]. سومین نماز (فجر) بین سپیده‌دم و طلوع خورشید برپا می‌شود. وقت شرعی چهارمین نماز (ظهر) از هنگامی آغاز می‌شود که خورشید از نصف‌النهار می‌گذرد و زمانی پایان می‌یابد که فرصت نماز پنجم (عصر) آغاز شده است، یعنی هنگامی که سایهٔ یک شیء برابر با سایهٔ میانهٔ روز آن به علاوهٔ طول شیء باشد. زمانی که سایهٔ شیء یک بار دیگر به اندازهٔ طول آن افزایش می‌یابد یا به هنگام غروب آفتاب، پایان وقت شرعی پنجمین نماز است.

در دستورالعمل اندلسی دورهٔ اسلامی، وقت شرعی چهارمین نماز زمانی آغاز می‌شود که سایهٔ شیء به اندازهٔ یک چهارم طول آن طویل‌تر از کوتاه‌ترین سایهٔ میانهٔ روز باشد. نمونه‌های منحصر به فردی از برپا داشتن نماز دیگری در صبحگاه به نام «ضحی» در منابع دورهٔ اسلامی به چشم می‌خورد که در زمانی پس از طلوع آفتاب، برابر با زمان باقیمانده از پایان وقت نماز عصر تا غروب خورشید بوده است. تعاریف اوقات شرعی روزانه بر مبنای افزایش طول سایه، با اوقات برگرفته از ساعت‌های معوجه (تقسیمات یک دوازدهم طول روز) مرتبط است که این ارتباط از یک فرمول تقریبی هندی برای زمان‌سنجی گرفته شده است که مسلمانان در قرن دوم هجری با آن آشنا بودند. این فرمول، پایان نهمین ساعت معوجه (نیمهٔ بعد از ظهر) را با سایهٔ افزوده با یک طول شاخص، و پایان دهمین ساعت را با سایهٔ افزوده با دو طول شاخص مرتبط می‌کند.

واضح است که اوقات نماز به شیوه‌ای که در بالا توضیح داده شد، با فرض صاف بودن آسمان می‌تواند به راحتی از طریق رصد تنظیم شود. متخصصان نجوم عامیانه گونه‌ای از آثار مرتبط با زمان‌سنجی از منظر غیرریاضی پدید آوردند که برخی از آن‌ها را فقها نیز ذکر کردند. این آثار به طور عمده شامل

۱. تعیین حدود اوقات شرعی مطرح شده در این بخش برگرفته از فقه اهل سنت است و نظر فقهای شیعه در برخی موارد متفاوت است.ـ م

میراث علمی اسلام و ایران



شکل ۶: بخشی از یک جدول اوقات نماز برای عرض جغرافیایی دمشق که موقِّتِ شناخته شده، خلیلی، آن را در میانهٔ قرن هشتم هجری محاسبه کرده است. دوازده تابع مرتبط با زمان سنجی در عرض صفحه برای هر درجه از طول خورشید (تقریباً معادل هر روز از سال) نوشته شده است؛ این دو صفحه مربوط به برج دلو است. جدول‌های مشابهی برای موقعیت‌های جغرافیایی بین مراکش و آسیای مرکزی، جزیرهٔ کرت و یمن یافته شده است. چنین جدول‌هایی به موقِّتان اجازه می‌داد اوقات نمازهای پنج‌گانهٔ شبانه‌روز را به مؤذنان اطلاع دهند تا مؤمنان را به نماز فراخوانند (کتابخانهٔ ملی پاریس، نسخهٔ خطی شمارهٔ ۲۵۵۸ .ar).

مباحثی از آیات قرآن و احادیث پیامبر (ص) در باب این دو موضوع است که با توصیفاتی از فرآیندهای سادهٔ تعیین اوقات با استفاده از سایه‌ها و منازل ماه آمیخته شده است. بیشتر نمونه‌های به جا مانده مربوط به قرن هفتم هجری یا پس از آن در منطقهٔ حجاز و یمن است، اما این روند پیش از این در قرن سوم به کار گرفته شد. چون این آثار با سنت‌های مذهبی سر و کار داشتند، بخشی از متون فقهی اسلام را شکل دادند، و موضوع تفسیرهای متفاوت مکاتب فقهی مختلف شدند. بنا بر شواهد ناچیز موجود می‌توان گفت در چند قرن ابتدایی اسلام، اوقات شرعی را خود مؤذنان تنظیم می‌کردند و این که انتخاب آن‌ها، هم به خاطر صدای زیبایشان و هم برای مهارتشان در نجوم عامیانه بود.

با وجود این، مناسب به نظر می‌رسید که جدول‌هایی برای نمایش طول سایه در اوقات نماز هر روز از سال یا هر درجه از طول دایرةالبروجی خورشید در دسترس باشد. قدیم‌ترین جدول‌های به دست آمده از این نوع، مجموعه‌ای برای شهر بغداد است که سایه‌ها را هنگام ظهر و عصر برای هر ۶° طول خورشیدی نشان می‌دهد، و دیگری تنها در یک زیج عراقی قرن هفتم هجری یافت شده است، اما احتمالاً آن هم مربوط به قرن سوم است که اوقات را از غروب آفتاب تا سپیده دم (بر مبنای یک رابطهٔ تقریبی هندی در زمان‌سنجی)، سایهٔ نیمهٔ روز، ارتفاعات خورشید در نیمهٔ روز، و

ابتدا و انتهای عصر را برای هر روز از تقویم سریانی نشان می‌دهد. در حدود نیمهٔ قرن چهارم هجری، علی بن اماجور دو جدول تألیف کرد که نشان دهندهٔ اوقات روز به عنوان تابعی از ارتفاع نصف‌النهاری و ارتفاع لحظه‌ای خورشید بودند. نخستین جدول بر اساس رابطه‌ای دقیق، به طور خاص برای بغداد، و دومین جدول که بر اساس رابطهٔ هندی تقریبی تهیه شده بود، جامع بود و برای تمام عرض‌های جغرافیایی کارایی کامل داشت.

شکل ۷: گزیده‌ای از جدول‌های زمان‌سنجی خورشید که کرکی، موقّت قرن هشتم هجری، برای عرض جغرافیایی اورشلیم نگاشته است. برای هر درجهٔ طول دایرةالبروجی خورشید (در این جا برای ۱۱° و ۱۲° دلو که برای ۱۹° و ۱۸° عقرب نیز کاربرد دارد) و برای هر درجهٔ ارتفاع خورشید تا رسیدن به بیشینه، زمان گذشته از طلوع خورشید و زاویهٔ ساعتی بر حسب درجات و دقایق استوایی جدول‌بندی شده‌اند. نخستین جدول‌هایی از این نوع در بغداد در قرن سوم هجری تهیه شده و مثال‌های متعددی برای دیگر موقعیت‌های جغرافیایی طی هزار سال پس از آن تألیف شد (کتابخانهٔ دانشگاه لایپزیگ، نسخهٔ خطی شمارهٔ ۸۰۸).

چنین جدول‌های اسلامی اولیه برای زمان‌سنجی که تنها چند نمونه از آن‌ها باقی مانده است، سنتی را آغاز کردند که در قاهرهٔ قرن هفتم و دمشق قرن هشتم هجری به اوج خود رسید (شکل ۶). بیشتر آثار حاوی جدول‌های زمان‌سنجی برای این دو شهر بزرگ و دیگر مراکز چون اورشلیم (شکل ۷)، اسکندریه، مراغه، تونس و تعز، به اواخر دورهٔ نجوم دورهٔ اسلامی تعلق دارد. برخی از این جدول‌ها قابل توجهند: نخستین جدول در اواخر قرن هفتم هجری در مصر نوشته شد و سه متغیر

مستقل دارد (ارتفاع ستارگان یا خورشید، ارتفاع نصف‌النهاری و نیم‌کمان رؤیت) و زمان روز یا شب را برای هر عرض جغرافیایی نشان می‌دهد؛ این جدول بیش از ۴۰۰,۰۰۰ مدخل دارد. اخیراً معلوم شده است که منجمان اروپایی در قرن‌های متأخر جدول‌هایی تهیه کردند که به لحاظ محتوا با این جدول‌ها مشابه بودند؛ تاکنون تعداد کمی از این جدول‌ها مطالعه شده‌اند. در حقیقت تاریخ مربوط به چنین جدول‌هایی از قرن سوم تا سیزدهم هجری در دنیای اسلام و از قرن چهاردهم میلادی به بعد در اروپا و نیز سرانجام در شمال آمریکا گسترده است.

ظاهراً نهاد «موقّت» یا منجم مسجد که عمدتاً مسئول تعیین اوقات نماز، در قرن هفتم هجری در مصر ایجاد شد. بیشتر منجمان تأثیرگذار مصری و سوری در قرن‌های هشتم و نهم هجری، موقت بودند. این سمت به طور خاص در امپراتوری اهمیت داشت، و هنوز هم می‌توان در سرزمین‌های آناتولی تا بالکان بناهایی را در کنار بسیاری از مساجد یافت که موقتان در آنجا کتاب‌ها و ابزارهایشان را نگهداری می‌کردند. به نظر می‌رسد در شرق دنیای اسلام سمت مشابهی وجود نداشته است، اما شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد گروهی از موقتان در اواخر قرن هفتم هجری در غرناطه بوده‌اند.

جدول‌هایی که امروزه مسلمانان برای تنظیم اوقات شرعی به کار می‌برند و در روزنامه‌ها، سررسیدهای جیبی و تقویم‌های دیواری چاپ می‌شود و تاریخی بیش از هزار سال دارد، تنها در این اواخر مستند شده است. پنج نوبت اذان مؤذنان در اوقات مشخص روز، یکی از متمایزترین ویژگی‌های زندگی اسلامی امروز است.

سمت قبله

دستور صریح قرآن مبنی بر لزوم برپا داشتن نماز و برخی دیگر از آداب شرعی به سوی کعبه در شهر مکه، برای نسل‌های اول مسلمانان که در مناطقی بسیار دور از سرزمین‌های اندلس و سند سکونت داشتند، مسئله‌ای محسوب نمی‌شد. آن‌ها ابزار لازم برای تعیین قبله یا جهت مکه در موقعیت‌های جغرافیایی محل سکونت خود را نداشتند، بنابراین صرفاً از جهت مسیر زیارتی مکه یا جهت‌های اصلی استفاده می‌کردند؛ در نتیجه، مساجد اولیه و محراب‌های آن‌ها در دیوار رو به قبله، به ندرت در جهت مکه ساخته شده است. اما مسلمانان می‌دانستند که خانهٔ کعبه در راستای جهت‌های خاص نجومی بوده است (محور بزرگ‌تر در راستای طلوع ستارهٔ سهیل، و محور کوچک‌تر در راستای طلوع خورشید در انقلاب تابستانی)، و از نظر آن‌ها، کعبه در مرکز جهان قرار داشت (شکل ۸). آن‌ها تدبیری اندیشیدند تا رو به سوی کمان قرار گرفته بر دایرهٔ محیطی موقعیت خود داشته باشند: شخص باید در همان راستایی بایستد که اگر در واقع در برابر همان کمان در دایرهٔ محیطی خانهٔ کعبه قرار می‌گرفت به آن سو می‌ایستاد. متخصصان نجوم عامیانه و فقها، طرح‌های مختلفی از جغرافیای مقدس را ایجاد کردند که در آن‌ها جهان به بخش‌هایی در اطراف کعبه تقسیم و قبلهٔ هر

بخش بر حسب طلوع و غروب خورشید یا ستارهٔ خاصی تعریف می‌شد. این دسته از اطلاعات دربارهٔ تعیین قبله را فقها پیشنهاد می‌کردند و در جهت‌یابی مساجد دورهٔ میانه انعکاس یافته است و تنها اقلیتی از آن‌ها در جهت‌هایی هستند که می‌توانست از سوی منجمان پیشنهاد شده باشد.

در ابتدای قرن سوم هجری، فهرست مختصات جغرافیایی بطلمیوس در دسترس دانشمندان مسلمان قرار داشت و گروهی به دستور خلیفه، مأمون عباسی، مختصات شهرهای مکه و بغداد را بررسی کرده بودند. به علاوه، روش‌های دقیق هندسی و مثلثاتی برای تعیین قبله از روی مختصات جغرافیایی ابداع شده بود (مسئلهٔ تعیین قبله به راحتی با در نظر گرفتن سمت‌الرأس شهرها، به مسئله‌ای در نجوم کروی تبدیل می‌شود). رسالهٔ بیرونی دربارهٔ جغرافیای ریاضی (تحدید نهایات الاماکن) که هدف نهایی آن تعیین قبلهٔ شهر غزنه بوده است، مهمترین اثر از این نوع در دورهٔ اسلامی است. چون این روش‌های دقیق برای تعیین قبله نسبتاً پیچیده بودند، روش‌های تقریبی نیز به دست آمد. در قرن سوم هجری جدولی نگاشته شده بود که بر مبنای چنین روشی قرار داشت و جهت مکه را به صورت تابعی از طول و عرض جغرافیایی شهرها نشان می‌داد. در طی قرن‌ها چندین جدول دیگر نیز از این نوع تألیف شد. در ادامه به برخی از ابزارهای مختلف برای تعیین قبله باز می‌گردیم.

شکل ۸: ترسیمی از خانهٔ کعبه، با چهار گوشه و چهار دیوار مرتبط با هر منطقه از دنیای اسلام، و قبله در هر منطقه که بر حسب پدیده‌های نجومی افق شهر تعریف شده است. برگرفته از رسالهٔ استنساخ شدهٔ قرن نهم هجری دربارهٔ کیهان‌نگاری از عالم سوری، ابن وردی (کتابخانهٔ ملی پاریس، نسخهٔ خطی شمارهٔ ۲۱۸۶ .ar).

سرانجام در قرن دوازدهم هجری برای نخستین بار امکان اندازه‌گیری صحیح تفاوت‌های طول جغرافیایی فراهم شد، و تنها در همان زمان نادرستی بیشتر مختصات طول جغرافیایی اسلامی آشکار شد و معلوم شد که حتی جهت‌های قبله‌ای که بر اساس روش‌های دقیق ریاضی ولی بر پایهٔ این مختصات بودند

نیز، چند درجه انحراف داشتند. برخی از مساجد دورهٔ اسلامی که هنوز هم رونق دارند، دارای دو محراب برای نشان دادن قبله هستند که دومی بر اساس محاسبات جدید بنا شده است. امروزه برخی از مسلمانان از قطب‌نماهای جیبی همراه با فهرستی از جهت‌های قبله برای شهرهای بزرگ دنیا استفاده می‌کنند.

برنامه‌های رصدی و مدرسه‌های محلی نجوم

حلقهٔ منجمان مأمون

در اوایل قرن سوم هجری، مأمون خلیفهٔ عباسی از رصدهایی ابتدا در بغداد و سپس در دمشق حمایت کرد و بهترین منجمان آن زمان را برای اجرای رصدهای خورشید و ماه گرد آورد. برخی از نتایج این رصدها در زیجی با نام ممتحن (به معنای آزموده) به کار گرفته شد، اگرچه جزئیات مربوط به فعالیت‌های انجام شده در این دو رصدگاه تا حدی گیج کننده هستند. ظاهراً زیج ممتحن را یحیی بن ابی منصور در بغداد نگاشته است، اما بنا به گفتهٔ حبش حاسب، پس از مرگ وی، خلیفه به همکار او خالد مروروذی دستور داد تا ابزارهای جدیدی بسازد و طرحی یک ساله را برای انجام رصدهای خورشید و ماه در دمشق برای تألیف زیجی جدید اجرا کند. حبش این امر را انجام شده می‌داند، اما تاکنون چنین زیجی که پیش از زیج دمشقی خود حبش حاسب تهیه شده باشد، شناخته نشده است.

این رصدها مانند رصدهای بعدی، عمدتاً به منظور تعیین عرض جغرافیایی شهرها و مقدار میل کلی آن زمان، و به منظور استخراج پارامترهای اصلاح شده برای الگوهای سیاره‌ای بطلمیوس و موقعیت دقیق‌تر ستارگان انجام می‌گرفت. ذات الحلق، ربع نصف‌النهاری و ذات الشعبتین از مجسطی برای مسلمانان شناخته شده بود، و آن‌ها مقیاس‌های جدید و دیگر اصلاحات را بر آن‌ها افزودند و در بیشتر موارد حتی اگر اندازه‌های کوچک‌تر ابزار هم کافی بود، اندازه‌های بزرگ‌تری از آن‌ها را ساختند. دانش ما دربارهٔ ابزارهای مورد استفادهٔ منجمان مأمون بسیار اندک است. گفته می‌شود ذات الحلق مورد استفادهٔ یحیی بن ابی منصور در بغداد برای هر ۱۰ دقیقهٔ کمان نشان‌گذاری شده بود، اما دقت نتایج به دست آمده از این ابزار حتی برای منجمان همعصر او نیز چشمگیر نبود. یک ربع جداری ساخته شده از سنگ مرمر با شعاعی حدود پنج متر، و نیز شاخصی عمودی از جنس آهن با ارتفاعی نزدیک به پنج متر در دمشق به کار می‌رفت. همچنین با حمایت مأمون، اختلاف طول جغرافیایی بین شهرهای مکه و بغداد (با رصدهای همزمان یک ماه گرفتگی) به منظور تعیین دقیق قبلهٔ بغداد، و نیز طول یک درجهٔ عرض جغرافیایی زمین اندازه‌گیری شد. بیشتر دانسته‌های ما دربارهٔ رصدهای بغداد و دمشق را ابن یونس و بیرونی عرضه کرده‌اند، و نسخه‌های خطی موجود از آثار یحیی بن ابی منصور و حبش حاسب همچنان در انتظار مطالعهٔ دقیقه هستند.

میراث علمی اسلام و ایران

دیگر طرح‌های رصدی

در کنار رصدهای مورد حمایت دربار که در اوایل قرن سوم هجری در بغداد و دمشق انجام شد، نمونه‌های بیشماری از دیگر مجموعه‌های رصدی به چشم می‌خورد که در سرزمین‌های مختلف دنیای اسلام انجام شد.

دو برادر به نام بنوموسی رصدهایی را در منزل خود در بغداد و نیز در نزدیکی سامرا حدود سی سال پس از رصدهای ممتحن انجام دادند. همچنین آن‌ها رصدهای همزمانی از یک ماه گرفتگی را در شهرهای سامرا و نیشابور ترتیب دادند تا بتوانند اختلاف طول جغرافیایی میان این دو شهر را به دست آورند. به دلیل تبحر ایشان در ریاضیات، بسیار باعث تأسف است که هیچ کدام از دو زیج تألیف شدهٔ آن‌ها به جای نمانده است.

بتانی رصدهایی را بین سال‌های ۲۷۳ تا ۳۰۶ قمری در رقه در شمال سوریه انجام داد. به نظر می‌رسد خود بتانی به تنهایی حامی مالی رصدهایش بوده است، و اگرچه هیچ توصیفی از رصدگاه او نداریم، ابزارهای ذکر شده در زیج او بر اساس رصدهایش عبارتند از ذات الحلق، ربع جداری و نیز ذات الشعبتین، اسطرلاب، شاخص و ساعت آفتابی افقی.

فعالیت‌های رصدی خانواده‌ای در بغداد معروف به بنو اماجور تقریباً همزمان با رصدهای بتانی در رقه بوده است. پدر و دو پسر، و همچنین غلام آزاد شدهٔ آن‌ها، همگی رصدهایی انجام دادند و هر کدام زیجی نگاشتند که هیچ کدام از آن‌ها به جا نمانده است. بنا بر گزارش یحیی بن ابی منصور از رصدهای آن‌ها از یک گرفت، به نظر می‌رسد مکان رصدهایشان جایگاهی شبیه یک ایوان داشته است که روزنه‌ای برای رصد داشت، اما جزئیات آن‌جا برایمان مبهم است. بر اساس گزارش بسیار جالب توجهی از خورشیدگرفتگی سال ۳۱۶ قمری که ایشان آن را از روی انعکاسش در آب رصد کردند، می‌توان دریافت ارتفاع خورشید با استفاده از ابزاری سنجیده شد که برای هر یک سوم درجه نشان‌گذاری شده بود.

یک ربع جداری بزرگ در شهر ری (نزدیک تهران امروزی) در حدود سال ۳۳۸ قمری ساخته شده بود، اما تنها از کاربرد آن برای به دست آوردن عرض جغرافیایی محل و میل دایرةالبروج اطلاع داریم. زمانی نه چند دور پس از آن در شیراز، عبدالرحمان صوفی از یک ذات الحلق با قطری در حدود ۵ متر برای استخراج همان پارامترها و رصد اعتدالین و انقلابین استفاده کرد. صوفی بیشتر به خاطر رساله‌اش دربارهٔ ستارگان معروف است، اما ظاهراً اثر او بیشتر بر اساس رصد با چشم غیر مسلح بوده تا بر اساس اندازه‌گیری، مشاهدهٔ آسمان با ابزارهای دقیق و تخمین موقعیت‌ها. دیگر منجم همعصر ایشان که از رصدهای انجام شده‌اش چیزی بیشتر از پارامترهای اصلی زیج او در دست نداریم، ابن اعلم است. عضدالدوله، امیر آل بویه، از رصدهای صوفی و ابن اعلم حمایت می‌کرد.

میراث علمی اسلام و ایران

در اواخر قرن چهارم هجری، منجم و ریاضیدان شناخته شدهٔ آن زمان، ابوالوفاء بوزجانی، رصدهایی در بغداد ترتیب داد. به نظر می‌رسد بیشتر این رصدها برای تعیین پارامترهای خورشید، میل دایرةالبروج و عرض جغرافیایی بغداد انجام گرفت، البته ابوالوفاء با بیرونی نیز در خوارزم برای رصد همزمان ماه گرفتگی در سال ۳۸۷ قمری همکاری کرد. از ماهیت مکان رصدی ابوالوفاء بوزجانی چیزی جز این نمی‌دانیم که موقعیتش در محله‌ای از بغداد بوده است.

همزمان با فعالیت ابوالوفاء بوزجانی، شرف الدوله، فرمانروای آل بویه، در سال ۳۷۹ قمری در باغ اقامتگاه خود در بغداد رصدخانه‌ای تأسیس کرد. سازماندهی ساخت بنا و برنامه‌ریزی رصدها به ابوسهل کوهی که ریاضیدان قابلی بود، واگذار شد. با استفاده از آثار مورخان همعصر او می‌دانیم که ساختمان ویژه‌ای برای انجام رصدها بنا شد و به ترتیب قضات، دانشمندان و عالمان سرشناس، منجمان و مهندسان رصدها را گواهی می‌کردند. با توجه به شرایط مطلوب تأسیس رصدخانه، و شایستگی مدیر آن، جای شگفتی است که دو «رصد» که از سوی بسیاری از رجال «گواهی» شد، ورود خورشید به برج‌های سرطان و میزان در سال ۳۷۸ قمری بود. بیرونی ابزار اصلی را چنین توصیف می‌کند که به صورت نیم کره‌ای با شعاع ۱۲/۵ متر ساخته شد که تصویر خورشید از روزنه‌ای در مرکز نیم کره بر آن منعکس می‌شد. با مرگ عضدالدوله در سال ۳۷۹ قمری فعالیت رصدخانه به پایان رسید و بنابراین عمر آن چیزی بیش از یک سال نبود.

در سال ۳۸۴ قمری ابومحمود خجندی میل کلی را با استفاده از سدس نصف‌النهاری با شعاعی در حدود ۲۰ متر اندازه‌گیری کرد. این ابزار در ری ساخته شد، اما خجندی نزد بیرونی اعتراف کرده است که این ابزار چنان بزرگ بوده که مرکز سدس از موقعیت مطلوب آن جابه جا شده است.

ابن یونس، منجم مصری، مجموعه‌ای از رصد گرفت‌ها، مقارنه‌ها و مطالع اختفاءها و نیز رصد اعتدالین و انقلابین انجام داد. جای خوشوقتی بسیار است که نه تنها گزارش رصدهای او، بلکه حتی اشاره‌های او به رصدهای متقدم از این دست که افرادی چون حبش حاسب و بنو اماجور انجام دادند نیز در دست است. هدف ابن یونس از انجام این رصدها و ثبت شان در مقدمهٔ زیج خود تا حدودی مبهم است، با در نظر گرفتن این موضوع که او فهرست رصدها یا چگونگی محاسباتش را که با آن‌ها پارامترهای جدید خورشید، ماه و سیارات را به دست آورده، عرضه نکرده است. همچنین او هیچ موقعیت جغرافیایی به جز خانهٔ پدربزگش در فسطاط و مسجدی در نزدیکی قرافه را برای رصدهایش ذکر نمی‌کند. رابطهٔ معروف بین ابن یونس با رصدخانهٔ تپه‌های مقطّم در خارج از قاهره، چنان که آیدین صائیلی نشان داده، افسانه‌ای بیش نیست. با وجود این، ابن یونس حداقل از یک ابزار که احتمالاً حلقهٔ نصف‌النهاری بوده است، نام می‌برد که خلفای فاطمی، العزیز و الحاکم آن را تهیه کردند. در یک منبع مصری متعلق به اواخر دورهٔ اسلامی گزارش شده است که ابن یونس

۱۰۰ دینار در روز از الحاکم دریافت می‌کرد، و احتمالاً این مبلغ بسیار بالا زمانی به ابن یونس پرداخت می‌شده است که پیش‌گویی‌های خوشایندی برای خلیفه انجام می‌داد. الحاکم تلاش نافرجامی برای تأسیس رصدخانه در مصر داشت، اما این امر پس از مرگ ابن یونس در سال ۳۹۹ قمری بوده است. زمانی در دوران حکومت او ذات الحلقی با ۹ حلقه در مصر وجود داشته است که هر کدام از حلقه‌ها به اندازه‌ای بزرگ بود که سواری می‌توانست از درون آن‌ها با اسب بگذرد.

رصدهای بیرونی بین سال‌های ۳۷۹ و حدود ۴۱۶ قمری در چند شهر میان خوارزم و کابل انجام گرفت. رصدهای ثبت شدهٔ او شامل تعیین اعتدالین و انقلابین، گرفت‌ها، تعیین میل کلی و عرض جغرافیایی محل بوده است.

مجموعه‌ای از جدول‌ها با عنوان زیج طلیطله در قرن پنجم هجری بر اساس رصدهای قاضی صاعد اندلسی تدوین شد و زرقالی آن را ادامه داد. فقط جدول‌های حرکت متوسط در این رساله اصالت دارد؛ بیشتر جدول‌های باقیمانده، از زیج‌های خوارزمی و بتانی برداشته شده است.

در قرن هفتم هجری طرح رصدی عظیمی در مراغه ریخته شد. نتایج این کار تا جایی که به نجوم نظری مربوط می‌شود، بسیار چشمگیر است. وگر نه جدول‌های مثلثاتی و سیاره‌ای در کار عظیم منجمان مراغه تماماً اصلاح یا اقتباس از منابع قدیم‌تر است. این حاصل مطلوبی برای رصدخانهٔ برخوردار از حمایت مالی زیاد و مجهز به جدیدترین ابزارهای رصدی که تنها از راه متون به جا مانده می‌شناسیم، نیست. در ابتدای قرن نهم هجری، صحنهٔ ماجرا به سمرقند در آسیای مرکزی منتقل شد: گروهی از منجمان به رهبری شاهزادهٔ منجم، الغ‌بیگ، کارهای بزرگی انجام دادند. تنها یک سدس نصف‌النهاری ۴۰ متری از آن رصدخانه به جا مانده است. آن‌ها مجموعه جدول‌هایی تهیه کردند که پیش از مطالعهٔ کامل، داوری درباره‌شان عاقلانه نیست. همین امر برای رصدخانهٔ کم عمر استانبول هم که زیر نظر تقی‌الدین (۹۸۵ قمری) بود، صادق است.

مکتب‌های محلی نجوم

پس از قرن چهارم هجری، مکتب‌های محلی نجوم در دنیای اسلام با علایق و جهت‌گیری‌های متفاوت ایجاد شد. آن‌ها افراد برجستهٔ مختلفی نیز در خود داشتند (مثلاً بیرونی و طوسی در خاور دور، و ابن یونس در مصر). مناطق اصلی عبارت بودند از: عراق، ایران و آسیای مرکزی، اسپانیای مسلمان، مصر و سوریه، یمن، مغرب و بعداً هم سرزمین‌های عثمانی. سنت آمیختهٔ اسپانیای مسلمان (قرن چهارم تا هشتم هجری)، سنت رنگارنگ سوریه و مصر مملوکی (قرن هفتم تا ابتدای قرن دهم)، سنت متمایز یمن رسولی (قرن هفتم تا دهم)، و سنت معتبر مغرب (قرن ششم تا سیزدهم) تنها در این اواخر مطالعه شده‌اند. دو سنت ترکیهٔ عثمانی و هند عصر مغول هم اکنون در دست پژوهش است.

ابزارهای نجومی

چنان که در بخش قبل گفته شد، بسیاری از ابزارهای رصدی دورهٔ اسلامی از میان رفته‌اند و ما آن‌ها را تنها از راه متون به جا مانده می‌شناسیم. وضعیت مستندسازی بقیه، یعنی بخش کوچک ابزارهای نجومی دورهٔ اسلامی که حفظ شده‌اند، فاصلهٔ زیادی تا حد مطلوب دارد. گزارش بسیاری از مهم‌ترین ابزارها هنوز منتشر نشده است، و بیشتر مطالبی که دربارهٔ ابزارها نوشته شده، در سطحی بسیار غیرحرفه‌ای است. از این رو، اکنون طرحی در فرانکفورت در حال انجام است تا فهرستی از تمامی ابزارهای اسلامی (و اروپایی) تا حدود سال ۱۵۵۰ میلادی، و نیز آثار بعدی اسلامی را که اهمیت تاریخی دارند، گرد آورد.[۱]

به مهم‌ترین آثار منتشر شده دربارهٔ ابزارها نیز چنان که باید توجه نشده است. برای مثال، خجندی، ابزارساز پیشتاز آغاز دورهٔ اسلامی، در قرن چهارم هجری ابزاری رصدی به صورت نیم‌کره برای یک عرض جغرافیایی خاص ابداع کرد که بعدها در قرن ششم هجری با ایجاد تغییری، برای استفاده در تمامی عرض‌ها ساخته شد. هیچ نمونه‌ای از این ابزار موجود نیست و نسخه‌های خطی مربوط به آن هنوز بررسی نشده است. ابوعلی مراکشی در حدود سال ۶۷۸ قمری در قاهره اثر مهمی دربارهٔ ابزارها نگاشت؛ این اثر نیز نیاز به بررسی دقیق دارد. مراکشی همهٔ رساله‌ها دربارهٔ ابزارها را که در آن زمان می‌شناخته، گردآوری کرده و در کتابش گنجانده است. در حدود سال ۱۹۸۰ میلادی، اثر جالب توجهی از منجم قرن هشتم حلب، ابن سراج، ابزارساز پیشتاز دورهٔ متأخر اسلامی به دست آمد. در این اثر مؤلف تمام انواع ابزارهایی را که می‌شناخته در کنار ابزارهای ابداعی خودش، توصیف می‌کند. در حال حاضر این اثر در دست مطالعه است.

ذات الحلق و کره

در قرن دوم هجری، فزاری رساله‌ای دربارهٔ ابزاری نگاشت که به عربی ذات الحلق به معنای «ابزاری دارای چند حلقه» نامیده می‌شد. هیچ ذات الحلقی از دورهٔ ابتدایی اسلام به دست ما نرسیده است، اما در طی قرن‌ها چندین رساله در این باره تألیف شده است. قدیم‌ترین رساله به زبان عربی دربارهٔ کرهٔ سماوی، با عنوان ذات الکرسی به معنای «دارای کرسی [تختی که ابزار بر آن قرار می‌گرفت]» یا صرفاً کره را قسطا بن لوقا در قرن سوم هجری نگاشت. رسالهٔ قسطا بن لوقا که یکی از مهم‌ترین

۱. دیوید کینگ در یادداشتی خطاب به مجلهٔ میراث علمی متذکر شدند که پس از بازنشستگی ایشان، مؤسسهٔ تاریخ علم دانشگاه فرانکفورت در سال ۲۰۰۷م (۱۳۸۶ش) تعطیل شد و تهیهٔ فهرست یاد شده ناتمام ماند. مطالب این فهرست هم اکنون نزد خانم دکتر پترا اشمیدل در دانشگاه فرانکفورت است و تنها بخش مرتبط با اسطرلاب‌های شرق جهان اسلام این فهرست، در جلد دوم کتاب همنوا با افلاک (*In Synchrony with the Heavens*, 2005) منتشر شد.

مترجمان آثار یونانی به زبان عربی بوده، در حدود هزار سال رواج داشته است. از چند کرهٔ آسمانی به جا مانده، که بیش از صد نمونهٔ مختلف هستند، هیچ کدام به پیش از قرن پنجم هجری نمی‌رسد. کره‌ای ساخت موصل در سال ۶۷۲-۶۷۳ قمری، در حال حاضر در موزهٔ بریتانیا نگهداری می‌شود.

ظاهراً اسطرلاب کروی، برخلاف ذات الحلق و کرهٔ آسمانی، دستاوردی از تمدن اسلامی است. رساله‌های متعددی در این باره از قرن چهارم تا دهم هجری نگاشته شده است، و تنها ابزار کامل به جا مانده، متعلق به قرن هشتم هجری است. حبش حاسب مطالبی دربارهٔ اسطرلاب کروی، ذات الحلق، کرهٔ آسمانی و نیز انواع مختلف اسطرلاب‌های مسطح نگاشته است.

اسطرلاب

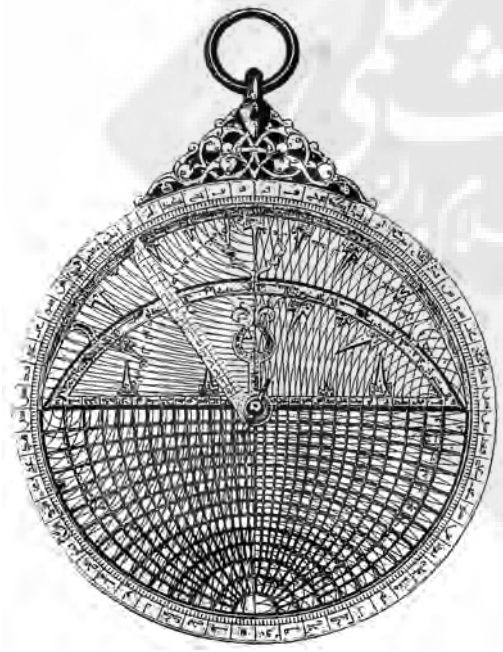
فزاری دربارهٔ کاربرد اسطرلاب هم مطالبی عرضه کرده است. به گفتهٔ ابن ندیم، کتابشناس قرن چهارم هجری، فزاری نخستین دانشمند مسلمانی بوده که چنین ابزاری ساخته است؛ همچنین از گفته‌های ابن ندیم چنین برمی‌آید که در آن زمان ساخت اسطرلاب در شهر حرّان متمرکز بود و از آنجا به نقاط دیگر گسترش یافت. برخی از منجمان آغاز دورهٔ اسلامی از جمله حبش حاسب، خوارزمی و فرغانی، دربارهٔ اسطرلاب مطالبی نوشتند و ویژگی‌هایی را عرضه کردند که در ابزارهای پیشین یونانی یافت نمی‌شود، مانند مربع‌های ظل و شبکه‌های مثلثاتی در پشت اسطرلاب‌ها، منحنی‌های سمت روی صفیحه‌ها برای عرض‌های مختلف، و نیز صفیحه‌های آفاقی. همچنین در قرن سوم هجری برای سهولت ساخت اسطرلاب‌ها، جدول‌های گسترده‌ای نگاشته شد.

پیشرفت مهم دیگر در ساخت اسطرلاب‌ها، در قرن پنجم هجری در اندلس رخ داد، زمانی که زرقالی صفیحهٔ آفاقی بی‌مانند خود را که «شکّازیّه» خوانده می‌شد و صفیحهٔ مربوط به آن با نام «زرقالیه» متشکل از دو ابزار شکازیه که برای هر دو دستگاه مختصات استوایی و دایرةالبروجی مدرج شده بود، ابداع کرد. بر روی ابزار دوم، عضاده‌ای دارای یک خط‌کش عمودی (به صورت عرضی) نصب شده است. دربارهٔ این دو ابزار چندین رساله در هر دو سنت غربی و شرقی نجوم دورهٔ اسلامی متأخر وجود دارد؛ اروپائیان این ابزارها را با نام saphea [صفیحه] می‌شناختند. علی بن خلف، معاصر زرقالی، رساله‌ای دربارهٔ اسطرلابی جامع نوشت که به صفیحه‌های متعدد برای عرض‌های جغرافیایی نیاز نداشت. این رساله تنها در کتاب دانشنامه[1] به زبان اسپانیایی قدیم باقی مانده است و ظاهراً در دنیای اسلام بیرون از اندلس ناشناخته بود. این ابزار بعدها در سوریه در اوایل قرن هشتم هجری تکامل یافت: ابن سراج در حلب، اسطرلاب جالبی ابداع کرد که می‌توانست به صورت جامع در پنج روش مختلف به کار گرفته شود (شکل ۹).

1. *Libros del Saber*

میراث علمی اسلام و ایران

در هر یک از چند مکتب محلی متمایز، اسطرلاب‌های ساخت صنعتگران مسلمان تنوع چشمگیری دارد. به عنوان مثال می‌توانیم از اسطرلاب‌های ساده و کاربردی مکتب متقدم بغداد نام ببریم؛ اسطرلاب باشکوه خجندی در اواخر قرن چهارم هجری که سنت تزئینات ابزار با تصاویر جانوران را پایه گذارد که تا چند قرن در شرق دنیای اسلام و اروپا ادامه یافت؛ و یا اسطرلاب‌های بسیار متفاوت مکتب اندلسی در قرن پنجم هجری، و مکتب‌های پیشرو ایران در قرن‌های هفتم و هشتم هجری؛ و نیز ابزارهای جالب توجه سوریه و مصر دورهٔ ممالیک (قرن هفتم و هشتم). در موزهٔ بریتانیا اسطرلاب مملوکی فوق العاده‌ای نگهداری می‌شود که ساخت عبدالکریم مصری است. پس از حدود سال ۹۰۰ قمری، ساخت اسطرلاب در مغرب، ایران و هند تا پایان قرن سیزدهم هجری ادامه یافت. بسیاری از این اسطرلاب‌ها، به خصوص آن‌هایی که متعلق به شرق دنیای اسلام هستند، مهارت منحصر به فرد سازندگانشان را نمایان می‌سازند. از جملهٔ این اسطرلاب‌ها، اسطرلاب مجلل ساخته شده برای سلطان حسین در سال ۱۱۲۴ قمری در اصفهان است که آن هم اکنون در موزهٔ بریتانیا نگهداری می‌شود.

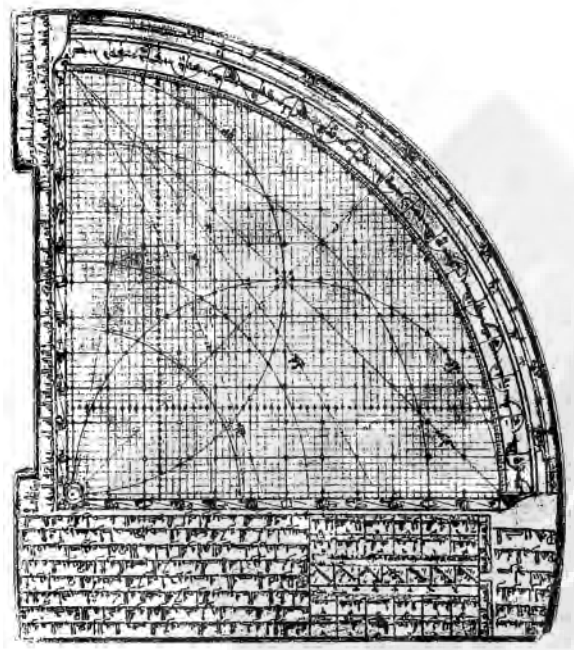


شکل ۹: نمای مقابل اسطرلاب جامع ابن سراج با تاریخ ۷۲۹ هجری. این ابزار جالب توجه نه تنها اوج اسطرلاب‌سازی اسلامی را نشان می‌دهد، بلکه از منظر پیچیدگی در میان ابزارهای دورهٔ نوزایی اروپا نیز بی‌مانند است. اسطرلاب معمولی برای هر عرض جغرافیایی به یک صفیحهٔ مجزا نیاز دارد، اما اسطرلاب ابن سراج دارای صفیحه‌هایی است که تمامی عرض‌های جغرافیایی را پوشش می‌دهد؛ در حقیقت، اجزای مختلف می‌توانند به پنج طریق مختلف تمامی مسائل نجوم کروی را برای هر عرض جغرافیایی حل کنند (موزهٔ بناکی، آتن، ابزار شمارهٔ ۱۴۰).

ربع

نوع دیگر از ابزارهای رصدی و محاسباتی که مسلمانان دستاوردهای جالب توجهی در تکامل آن داشتند، ربع بود، که می‌توان آن‌ها را به سه نوع اصلی تقسیم کرد. نوع اول، ربع مُجَیَّب با شبکه‌ای متعامد است. نوع ساده‌تری از این ابزار را خوارزمی توصیف کرده بود که در دورهٔ اسلامی از آن زیاد استفاده

می‌شد. در پشت برخی از اسطرلاب‌های دورهٔ اسلامی نیز چنین شبکه‌هایی دیده می‌شود. از این شبکه می‌توان به کمک یک نخ و نشانگر متحرک (یا عضادهٔ اسطرلاب) برای حل همهٔ مسائل متداول نجوم کروی در هر عرض جغرافیایی استفاده کرد. نوع دوم، ربع ساعتی با نشانگر ثابت یا متحرک است. این ابزار در یک رساله از مؤلفی ناشناس از قرن سوم هجری در عراق شرح داده شده و پس از آن قرن‌ها رایج بوده است (البته معمولاً بدون نشانگر، چرا که در کاربرد آن ابزار ضروری نبوده است).

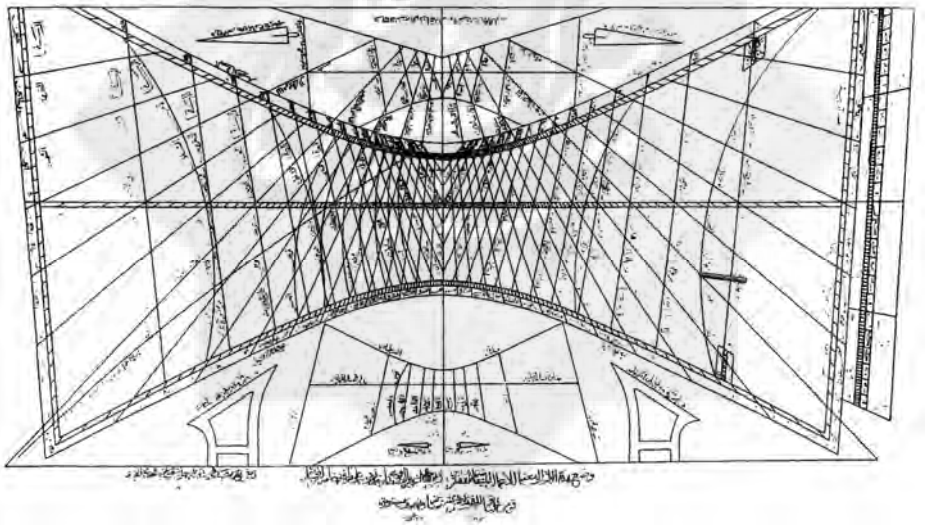


شکل ۱۰: شبکه‌ای مثلثاتی برای حل تمامی مسائل مختلف نجوم کروی بدون انجام محاسبات. این شبکه به صورت یک ربع دایره با خط‌کشی‌های متعامد شصت‌گانی مانند کاغذهای شطرنجی امروزی و با شعاع ۶۰ واحد، از نمونه‌های مختلف ساده‌تری تکامل یافت که نخست در اوایل قرن سوم هجری در بغداد به کار رفت. یک ربع اروپایی دورهٔ میانه نیز با خط‌کشی‌های مشابه به جا مانده است. این جدول، که بر ربع اسطرلابی ساخت دمشق در حدود سال ۱۲۱۴ قمری یافت شده است، به خاطر تمامی نشانه‌ها، خطوط، کمان‌ها و منحنی‌های اضافی که حل مسائل خاص مرتبط با تعیین اوقات نماز به شیوهٔ نجومی را ساده‌تر می‌سازد، جالب توجه است (مجموعهٔ شخصی).

مجموعه‌ای از کمان‌های دایره بر روی این ربع، ارتفاع خورشید را در ساعت‌های معوجه (نابرابر) به شیوهٔ ترسیمی نشان می‌دهد (به طور تقریبی و بر اساس یک دستور هندی). دیگر ربع‌های اسلامی از قرن سوم به بعد دارای نشان‌هایی برای ساعت‌های اعتدالی (برابر) بودند. با نگه داشتن این ابزار در راستای خورشید، زمان با استفاده از ارتفاع مشاهده شده، از شبکه تعیین می‌شد. این نوع از نشان‌گذاری‌ها اغلب در پشت اسطرلاب‌ها نیز حک می‌شد. نوع سوم ربع، ربع اسطرلابی بود که یک نیمه از دایره‌های سمت و ارتفاع را برای عرض جغرافیایی معین و دایرةالبروج ثابتی بر صفیحهٔ اسطرلاب نشان می‌داد. اثر گردش روزانهٔ خورشید به جای استفاده از عنکبوت متحرک اسطرلاب، به کمک یک نخ و مهرهٔ متصل به آن در مرکز این ابزار نشان داده می‌شد. ربع‌هایی با نشان‌گذاری‌های اسطرلاب در یک سمت و جدول مثلثاتی در سمت دیگر (شکل ۱۰) در اواخر دورهٔ نجوم دورهٔ اسلامی عموماً جای اسطرلاب را در تمام دنیای اسلام (با استثنای موارد قابل توجهی در ایران، هند و یمن) گرفتند.

ساعت‌های آفتابی

از روایات اسلامی چنین درمی‌یابیم که عمر بن عبدالعزیز، خلیفهٔ متدین اموی (دمشق، حدود ۹۹ قمری) از یک ساعت آفتابی، احتمالاً از نوع یونانی-رومی آن برای تنظیم اوقات نماز روزانه بر حسب ساعت‌های معوجه استفاده می‌کرد. نخستین ساعت‌های آفتابی توصیف شده در منابع نجومی عربی، مسطح و معمولاً افقی هستند، اما نمونه‌های عمودی و قطبی آن‌ها نیز ذکر شده است. نظریهٔ ریاضی محاسبهٔ طول سایه برای ساعت‌های معوجه در زمان‌های مختلف سال و سمت متناظر با آن‌ها، از منابع هندی موجود بود که ظاهراً بیش از هر اثر یونانی موجود، بر سنت اسلامی اثر گذاشته است. یکی از آثار متقدم، رساله‌ای دربارهٔ ساخت ساعت‌های آفتابی نوشتهٔ خوارزمی بود که شامل جدول‌های گسترده‌ای برای مختصات قطبی برخوردگاه خطوط ساعت با منحنی سیر سایهٔ انقلاب [زمستانی] بر روی ساعت‌های آفتابی افقی در دوازده عرض جغرافیایی متفاوت بود. رسالهٔ ثابت بن قره دربارهٔ نظریهٔ ساعت‌های آفتابی، تمامی نظریه‌های ریاضی لازم برای ساخت ساعت‌های آفتابی در هر سطحی را در بر می‌گیرد[1]؛ همچنین رسالهٔ نوهٔ او، ابراهیم دربارهٔ ساعت‌های آفتابی نیز از دیدگاه نظری بسیار جالب است.



شکل ۱۱: ساعت آفتابی ساخت ابن شاطر برای منارهٔ اصلی مسجد اموی دمشق در سال ۷۷۳-۷۷۲ قمری که در قرن سیزدهم هجری تصادفاً شکسته شد. موقتی که هنگام تنظیم مجدد این ابزار باعث شکستن آن شد، به اندازهٔ کافی دربارهٔ ساعت‌های آفتابی متبحر بود که بتواند این نمونه را از روی آن بسازد که در حال حاضر در جای خودش بر مناره قرار دارد. بعضی از تکه‌های نمونهٔ اصلی در حفاری مربوط به شبکهٔ زه‌کشی مسجد در سال ۱۹۸۵ میلادی یافت شد و هم اکنون در باغ موزهٔ باستان شناسی دمشق به نمایش گذاشته شده است (آلن بریو[2]، پاریس).

۱. نسخهٔ خطی این رساله با مقدمهٔ پویان رضوانی در سال ۱۳۹۳ به وسیلهٔ مرکز پژوهشی میراث مکتوب چاپ عکسی شده است. ـ م

2. Alain Brieux

کهن‌ترین ساعت آفتابی به جا مانده از دورهٔ اسلامی که ظاهراً ابن صفار، منجم اندلسی، آن را در حدود سال ۳۹۰ قمری در قرطبه ساخته است، مسیرهای سایهٔ شاخص در اعتدالین و انقلابین، خطوط ساعت‌های معوجه و نیز خطوط مربوط به وقت دو نماز روزانه را نشان می‌دهد. یک دنیا تفاوت هست میان این نمونهٔ ساده و بی‌ظرافت، با ساعت آفتابی چشم‌نواز ابن شاطر که در اواخر قرن هشتم هجری ساخته شده و چنان طراحی شده است که بتواند زمان متناظر با هر پنج نوبت نماز روزانه را اندازه‌گیری کند (شکل ۱۱). در اواخر دورهٔ نجوم دورهٔ اسلامی، اغلب مسجدهای بزرگ ساعت آفتابی داشتند.

سایر ابزارها

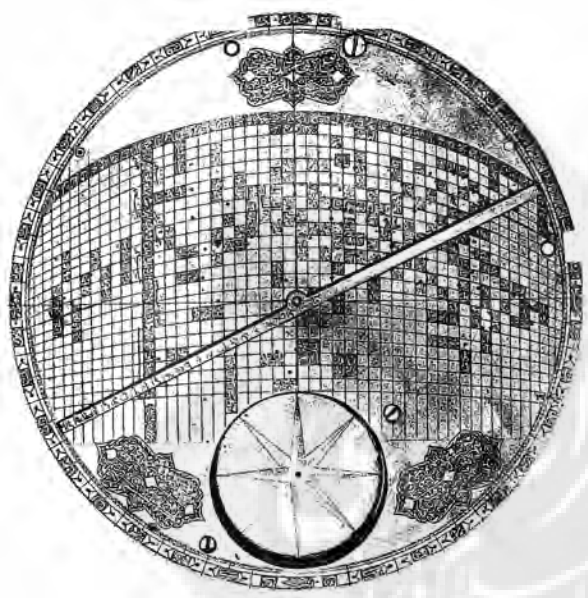
منجمان مسلمان تعدادی ابزار چند منظوره نیز ابداع کردند. نمونه‌های قابل توجه آن‌ها عبارتند از میزان (خط‌کش) فزاری با مقیاس‌های مختلف غیر یکنواخت برای کاربردهای متفاوت نجومی، «صندوق الیواقیت» ابن شاطر شامل یک قطب‌نمای مغناطیسی و قبله‌نما، ساعت آفتابی قطبی جامع، و یک ساعت آفتابی استوایی. یکی از موارد بسیار جالب، ابزار برنجی مدوری است که در حدود سال ۱۱۱۰ قمری در اصفهان ساخته شده و نقشهٔ جهان با مرکزیت مکه و یک شبکهٔ جغرافیایی بر آن حک شده است چنان که قبلهٔ حدود ۱۵۰ شهر بین اسپانیا و چین با استفاده از مقیاس‌های بیرونی ابزار و مسافت میان مکه تا آنجا با استفاده از مقیاس غیر یکنواخت خط کش قطری ابزار به دست می‌آید (شکل ۱۲).[1] علاقهٔ مسلمانان به تسطیح‌های حفظ‌کنندهٔ جهت و فاصله، به آثار بیرونی و حبش در قرن‌های پیشین برمی‌گردد.

چندین رساله از دورهٔ اسلامی دربارهٔ ابزارهای حسابگر گرفت‌های خورشید و ماه، و صفیحهٔ (تعدیلگر) سیارات[2] برای تعیین موقعیت سیارات در روز مفروض نیز وجود دارد. با کمک این ابزارها، مسائل متداول نجوم سیاره‌ای مطرح شده در زیج‌ها به صورت مکانیکی و بدون انجام محاسبات قابل حل بود. رساله‌هایی دربارهٔ حسابگر گرفت‌های خورشید و ماه متعلق به ابتدای قرن چهارم هجری شناخته شده‌اند و بیرونی در ابتدای قرن پنجم چنین ابزاری را به تفصیل وصف می‌کند. اخیراً نسخه‌ای خطی یافت شده است (که هنوز در دسترس محققان قرار ندارد) و شامل رساله‌ای از منجم ایرانی قرن چهارم هجری، ابوجعفر خازن، با نام زیج صفایح است که یک صفیحهٔ (تعدیلگر) سیارات را توصیف کرده است. افسوس که تنها نمونهٔ موجود از این ابزار که در قرن ششم ساخته شده، ناقص است: این

۱. بعدها نمونهٔ دیگری از آن یافته شد که شامل قطب‌نما و ساعت آفتابی هم بود. نگاه کنید به مقالهٔ «اسرار قبله‌نماهای اصفهان» از یان پ. هوخندایک در میراث علمی، شمارهٔ ۱، ۱۳۹۱، ص ۲۱-۳۵.ـ م

2. planetary equatorium

ابزار شبیه اسطرلابی با جدول‌های حک شده بر امّ آن و نشان‌گذاری‌هایی اضافی برای قاعدهٔ یک تعدیلگر سیارات است. غیر از این، تنها رساله‌های شناخته شدهٔ اولیه دربارهٔ صفیحهٔ (تعدیلگر) سیارات، مربوط به اندلس قرن ششم هجری است. جالب‌ترین وجه تعدیلگر سیاراتی که زرقالی توصیف می‌کند، بیضی رسم شده بر روی صفیحهٔ آن برای مرکز فلک حامل عطارد است؛ به نظر می‌رسد او نخستین کسی بوده که به این ویژگی فلک حامل عطارد توجه کرده است.



شکل ۱۲: شبکه‌ای جغرافیایی به مرکز مکه، که با آن می‌توان جهت قبله و فاصله تا مکه را برای هر موقعیت جغرافیایی در دنیای اسلام به دست آورد. این ابزار که در اصفهان حدود ۱۱۱۰ قمری ساخته شده، اما از یک سنت متقدم الهام گرفته است، در اصل شامل یک قطب‌نمای مغناطیسی و یک صفحهٔ ساعتی قابل تطبیق برای هر عرض جغرافیایی بوده است که می‌توانست اوقات روزانه را مشخص کند، اما این اجزا اکنون مفقود شده‌اند (مجموعهٔ شخصی).

کاشانی، منجم تأثیرگذار اوایل قرن نهم هجری در سمرقند توصیفی از ابزار طبق المناطق (تعدیلگر سیارات) به جا گذاشته است که می‌توانست علاوه بر طول دایرةالبروجی گرفت‌ها، عرض دایرةالبروجی آن‌ها را نیز تعیین و زمان گرفت‌ها را محاسبه کند.

انتقال به اروپا

اروپاییان نجوم دورهٔ اسلامی را از راه اسپانیا شناختند، جایی که به خاطر مسائل سیاسی و دشواری ارتباط، آثار به روز آن زمان همیشه در دسترس نبود. این مسئله برای مثال می‌تواند نشان دهد چگونه اروپاییان با دو اثر برجستهٔ منجمان مسلمان در شرق، یعنی آثار خوارزمی و بتّانی آشنا شدند، آن هم در زمانی که این آثار دیگر در شرق جهان اسلام رایج نبودند. همچنین این مطلب می‌تواند توضیح دهد که چرا اروپاییان تنها با تعداد بسیار اندکی از آثار شرقی دنیای اسلام آشنا بودند. هیچ کدام از اصلاحات مسلمانان شرقی در نظریهٔ سیاره‌ای بطلمیوس، در اندلس یا در اروپای سده‌های میانه شناخته نشده بود. تلاش ناموفق بطروجی برای ابداع الگوهای سیاره‌ای،

اروپاییان را طی چند قرن سردرگم کرده بود؛ آن‌ها با سادگی چنین می‌اندیشیدند که آثار او باید بسیار خواندنی باشد، چرا که کوشیده است آرای بطلمیوس را با عقاید ارسطویی منطبق سازد. زمان‌سنجی نجومی چندان مورد توجه مسلمانان اسپانیا قرار نگرفت؛ از این رو نتایجی از این دست به آنجا انتقال نیافت.

از سوی دیگر، برخی دستاوردهای اولیهٔ مسلمانان در شرق جهان اسلام که بعدها در آنجا به فراموشی سپرده شد، به اسپانیا و پس از آن به اروپا منتقل شد؛ این دستاوردها به پای اروپاییان نوشته شد، زیرا ظاهراً مدارک لازم علیه آن از میان رفته بود. یک مثال خوب در این زمینه، ربع ساعتی با نشانگر متحرک (مشهور به ربع وتوس[1]) است، که در قرن سوم هجری در بغداد (حداقل با نمونهٔ دارای نشانگر) ابداع و پس از آن در شرق دنیای اسلام عملاً به فراموشی سپرده شده بود؛ این ابزار، به ربع متداول در اروپای سده‌های میانه تبدیل شد. اگر چیزی از دانش نجومی از راه جزیرهٔ سیسیل در دورهٔ اسلامی منتقل شده باشد، بر ما پوشیده است، و هیچ نتایجی از این موضوع که صلیبیون آموخته باشند شناخته شده نیست.

در دورهٔ نوزایی در اروپا هیچ دسترسی به دستاوردهای تازهٔ مسلمانان وجود نداشت. بنابراین اروپاییان به ویراست‌های جدید آثار یونانیان باستان، و گاهی اشارات کم و بیش نوستالژیک به آثار بتانی، زرقالی، بطروجی و مانند آن‌ها اکتفا می‌کردند. برخی واژه‌های فنی از ریشهٔ عربی گرفته شد، مانند عضاده، سمت، مقنطرات، نظیر سمت الرأس [=سمت القدم][2]، صفیحه و سمت الرأس[3]، و همچنین برخی از نام‌های ستارگان مانند دبران، غول، نسر طائر و نسر واقع نیز حفظ شدند. هنگامی که اروپاییان به فراگیری آثار برجستهٔ اسلامی روی آوردند و تلاش به توافق با آن داشتند، نقش برجسته را شرق شناسان و مورخان نجوم بازی کردند، چرا که در آن زمان آثار اسلامی غیر از گزارش‌های رصدی، بیشتر اهمیت تاریخی داشت تا اهمیت علمی. با تلاش خاورشناسانی چون سدیو[4] در پاریس، آثاری که برای اروپاییان کاملاً ناشناخته بود و مسلمانان هم عمدتاً آن‌ها را فراموش کرده بودند، منتشر، ترجمه و تحلیل شد. چنین اندیشمندانی و نیز دیگرانی چون مورخ نجوم، دلامبر[5] که عربی نمی‌دانست و زحمت مطالعهٔ آنچه را همکارانش در این باره نگاشتند می‌کشید، برای نجوم دورهٔ اسلامی اهمیت فراوانی قائل بودند. اما نجوم دورهٔ اسلامی، و در حقیقت علم اسلامی در معنای کلی، از دوئم[6]، فیزیکدان و فیلسوف ناآشنا به زبان عربی، که به سادگی از آثار دانشمندانی چون سدیو غفلت ورزید، آسیب دیده است. نظریهٔ او که اعراب ظرفیت تفکر علمی نداشتند و این که اگر دانش قابل تقدیری هم داشتند، ناشی از دانسته‌های

1. quadrans vetus
2. nadir
3. zenith
4. Sédillots
5. J.-B. Delambre
6. P. Duhem

یونانیان بوده که از ایشان خردمندتر بوده‌اند، هنوز هم طرفداران بسیاری دارد، اما تنها از میان کسانی کـه از تحقیقات انجام گرفته در ۱۵۰ سال گذشته غافلند.

در دورهٔ پس از حدود سال ۱۵۰۰ میلادی (۹۰۰ قمری)، نجوم دورهٔ اسلامی رو بـه افـول نهـاد. همهٔ مسائل- برخی حتی چندین بار- حل شده بودند. بسیاری از فعالیت‌های خلاقانه به بـن بسـت رسیده بود، و تنها به خاطر تحقیقات جدید انجام شده روی نسخه‌های خطی و ابزارهاست کـه ایـن آثار دوباره مجال بروز یافته‌اند. اما علاقه به نجوم از میان نرفت. از مراکش تا هندوستان، همان متون کهن را پیاپی رونویسی و مطالعه کردند و معمـولاً هـم در هـر یـک از نـواحی اصـلی از مـتن‌هـای متفاوتی استفاده می‌شد. اما هیچ نتیجهٔ جدیدی درپی نبود. نجوم به صورت ابزار اختربینـی، تنظـیم تقویم و اوقات نماز باقی ماند. زمانی که نشانه‌هایی از خلاقیت به دست می‌آید، مانند ابـزار جالـب ساخته شده در اصفهان در حدود سال ۱۱۱۰ قمری که سمت قبله و فاصلهٔ درست تا مکه را برای هر موقعیت جغرافیایی به دست می‌دهد، می‌توان به وجود یک سنت متقدم بر آن مطمئن بود.

برخی زیج‌های دقیق اروپایی، به خصوص زیج‌های کاسینی[1] و لالاند[2] به زبـان ترکـی ترجمـه و جدول‌هایشان برای طول جغرافیایی استانبول و بعدها دمشق تطبیق داده شد. اما سنت‌های کهـن بـه شدت دچار افول شد و منجمان مسلمان طی چند قرن بیشتر وقت خود را بـه رونویسـی رسـاله‌ها و جدول‌های قدیمی گذراندند تا تألیف آثار جدید.

نتیجه گیری

در پژوهش حاضر خواننده می‌بیند که طی هزاره‌ای کـه از حـدود سـال ۱۵۰ قمـری آغـاز شـد و بـه خصوص تا حدود سال ۴۵۰ قمری، و نیز تا حدود سال ۹۰۰ قمری، منجمان مسلمان آثار تراز اولی پدید آوردند که بسیاری از آن‌ها در اروپای سده‌های میانه به کلی ناشناخته باقی ماند. آثار اندک اولیه که به اروپا منتقل شدند، مثل زیج‌های خوارزمی و بتانی (به ویژه از طریق زیج طلیطلـه) و خلاصـهٔ بسیار سادهٔ فرغانی از مجسطی بطلمیوس، تنها تأثیری از نجوم کهن را در کسوت زبان عربی انتقـال دادند. اما آن‌ها به هیچ طریق نمی‌توانستند نمایندهٔ نجوم دورهٔ اسلامی معاصر در شرق دنیای اسـلام باشند، و در حالی که اروپاییان قرن‌ها برای بررسی و فهم این آثار صرف کردنـد، منجمـان مسـلمان دستاوردهای اساسی در این حوزه فراهم آوردند که تنها توسط دانشمندان جدید آشکار شده است.

هر کسی که صفحات دو جلد [۵ و ۶] از کتاب تاریخ نگارش‌های عربی سزگین[3] را تـورق کنـد که منابع خطی نجوم و اختربینی اسلامی را تا حدود سال ۴۵۰ قمـری فهرسـت کـرده اسـت، و نیـز

1. Cassini
2. Lalande
3. *Geschichte des arabischen Schrifttums*, vols. V & VI.

تحقیق مرا دربارهٔ ۲۵۰۰ نسخهٔ خطی علمی در کتابخانهٔ ملی مصر، کـه عمـدتاً بـه دورهٔ پـس از آن مربوط می‌شود، ببیند، می‌تواند غنای آثار مرتبط با این موضـوعات را کـه هنـوز از دیـد دانشـمندان عصر جدید پنهان مانده است مشاهده کند. تعداد اندکی از آثار نجومی دورهٔ اسلامی منتشر شده یـا چنان که باید و شاید، مورد توجه قرار گرفته‌اند. سه زیج از میان ۲۰۰ زیج دورهٔ اسلامی بـه صـورت مطلوب (متن، ترجمه و شرح) منتشر شده‌اند. تـاکنون برگردان‌هـای عربـی مجسـطی (بـه اسـتثنای فهرست نام ستارگان)، یا هیچ تحریر یا شرح عربی از آن‌هـا منتشـر نشـده اسـت. بسـیاری از متـون علمی عربی غالباً بدون تصحیح انتقادی در حیدرآباد چاپ شده‌اند. با توجه به نبود صـورت چـاپی از این متون و ایـن کـه چنـین رویـدادی دور از تحقـق اسـت، نیـاز جـدی بـه تهیـهٔ چـاپ عکسـی (نسخه‌برگردان) از رساله‌های خطی بسیار مهم احساس می‌شود[1]. در غیر این صـورت تاریخنگـاران نجوم دورهٔ اسلامی ناگزیر خواهند بود همچنان از میکروفیلم نسخه‌هـای خطـی اسـتفاده کننـد کـه برخی از کتابخانه‌ها امکان یا تمایل به عرضهٔ آن را هم ندارند. به همین ترتیب، [گزارش] بسـیاری از ابزارهای نجومی قدیمی از دورهٔ اسلامی هنوز منتشر نشده است، هر چند که فهرست در حـال تهیـه در فرانکفورت نوید شناخت بهتر آن‌ها را می‌دهد.

در سال ۱۸۴۵ میلادی سدیو که از موهبت دسترسی به مجموعهٔ غنی نسخه‌های خطی عربـی و فارسی کتابخانهٔ ملی پاریس برخوردار بود نوشت: «هـر روز کشـف تـازه‌ای بـه همـراه دارد و نشـان دهندهٔ اهمیت فوق‌العادهٔ مطالعهٔ کامل نسخه‌هـای شـرقی اسـت». [لـویی پیـر اوژن] سـدیو ماننـد پدرش [ژان ژاک امانوئل سدیو] و مانند برخی از تاریخنگاران بعدی علوم اسلامی اهمیت ابزارهـای نجومی مربوط به دورهٔ اسلامی را نیز دریافت. با توجه به حجم زیاد نسخه‌ها و ابزارهـای موجـود در کتابخانه‌ها و موزه‌های سایر جاها در اروپا، آمریکا و خاور نزدیک و تعداد نسبتاً اندک افرادی کـه در این حوزه کار می‌کنند، گفتهٔ سدیو امروزه هم به اندازهٔ یک و نیم قرن پیش صادق است.

۱. این کاری است که مرکز پژوهشی میراث مکتوب به طور جدی و فعال پیگیری می‌کند. تا کنون موارد زیر منتشر شده است:

– ابومنصور موفق‌بن علی هروی، کتاب الابنیه عن حقایق الادویة، با مقدمهٔ فارسی ایرج افشار و علی اشرف صادقی و مقدمهٔ انگلیسی برت گ. فراگنر، نصرت الله رستگار، کارل هولوبار، اوا ایربلیش و محمود امیدسالار، با همکاری انستیتوی ایران شناسی، فرهنگستان علوم اتریش (وین) و گنجینهٔ پزشکی ایرانی، ۱۳۸۸؛

– غیاث‌الدین جمشید کاشانی، الرسالة المحیطیة (نسخهٔ خطی شمارهٔ ۵۳۸۹ کتابخانهٔ آستان قدس رضوی)، با مقدمهٔ یونس کرامتی. با همکاری موسسه آموزش عالی غیاث الدین جمشید کاشانی، ۱۳۹۱؛

– کوشیار گیلانی، سه رساله از کوشیار گیلانی (رساله حساب و بخشی از زیج بالغ و شرح مجمل الاصول)، با مقدمهٔ محمد باقری، ۱۳۹۲؛

– ثابت بن قره، سه رساله از ثابت بن قره (ساعت های آفتابی– حرکت خورشید و ماه– چهارده وجهی محاط در کره) (نسخه برگردان به قطع اصل نسخهٔ خطی به شمارهٔ ۹۴۸ کتابخانهٔ کوپرولو– استانبول)، با مقدمهٔ پویان رضوانی، با همکاری پژوهشکدهٔ تاریخ علم دانشگاه تهران، ۱۳۹۳.

منابع فارسی برای مطالعه دربارهٔ تاریخ نجوم دورهٔ اسلامی

بیرونی، ابوریحان، التفهیم لأوائل صناعة التنجیم، چاپ جلال‌الدین همایی، تهران ۱۳۶۷؛
عبدالله‌زاده، خورشید فیض‌الله، کوشیار گیلانی، ترجمهٔ پرویز شهریاری، تهران ۱۳۸۸؛
کندی، ادوارد استوارت، پژوهشی در زیج‌های دورهٔ اسلامی، ترجمهٔ محمد باقری، تهران ۱۳۷۴؛
کینگ، دیوید آنتونی، قبله‌یابی در اسلام، ترجمهٔ حسن ناهید، اصفهان ۱۳۸۴؛
گمینی، امیرمحمد، دایره‌های مینایی: پژوهشی در تاریخ کیهان‌شناسی در تمدن اسلامی، مقدمه از حسین معصومی همدانی، تهران ۱۳۹۵؛
گیاهی یزدی، حمیدرضا، تاریخ نجوم در ایران، تهران ۱۳۸۸؛
نلینو (نالینو)، کرلو الفونسو، تاریخ نجوم اسلامی، ترجمهٔ احمد آرام، تهران ۱۳۴۹؛
نویگه‌باور، اوتو، علوم دقیق در عصر عتیق، ترجمهٔ همایون صنعتی‌زاده، تهران ۱۳۷۵؛
وان در واردن، بارتل لیندرت، پیدایش دانش نجوم، ترجمهٔ همایون صنعتی زاده، تهران ۱۳۷۲؛
و مدخل‌های مرتبط با تاریخ نجوم در دانشنامهٔ جهان اسلام و دائرةالمعارف بزرگ اسلامی[1] و مقالات منتشر شده در این زمینه در نشریهٔ تاریخ علم پژوهشکدهٔ تاریخ علم دانشگاه تهران (شماره‌های ۱ تا ۱۵) و مجلهٔ میراث علمی اسلام و ایران (شماره‌های ۱ تا ۷). همچنین نگاه کنید به زندگینامهٔ علمی دانشمندان اسلامی، گروه نویسندگان، ویراستهٔ حسین معصومی همدانی (ترجمهٔ مقاله‌های *DSB*)، جلد اول، چاپ دوم ۱۳۸۴ (جلد دوم این اثر زیر چاپ است).

۱. برای اطلاع از فهرست این مدخل‌ها (تا سال ۱۳۹۲) نگاه کنید به «مدخل‌های تاریخ علم در دانشنامهٔ جهان اسلام و دائرةالمعارف بزرگ اسلامی» نوشتهٔ افسانه منفرد در میراث علمی، سال دوم، شمارهٔ یک، بهار و تابستان ۱۳۹۲، ص ۹۹-۱۲۲.