



## نقش رصد در ستاره‌شناسی باستان و سده‌های میانه<sup>۱</sup>

ویلی هارتر<sup>۲</sup>

ترجمه امیرمحمد گمینی<sup>۳</sup>

زمانی که جووانی ماریا چوکی دل‌مونته<sup>۴</sup> در سال ۱۵۵۰م به عنوان پاپ انتخاب شد و یولیوس سوم لقب گرفت، به لوکا گوریکو<sup>۵</sup>، یکی از برجسته‌ترین اخترگویان آن زمان، دستور داده شد که زایچه پاپ را محاسبه کند. با بررسی سرسری این سند هم می‌توان به سرعت فهمید که این اخترگو، حداقل در این مورد خاص، بسیار بختیار بوده است: چون این زایچه بسیاری از ویژگی‌های زندگی پاپ اعظم، از جمله عادات و تمایلاتش، را به درستی تأیید می‌کرد. این حداقل برداشت من بود تا اینکه متوجه شدم تاریخ صحیح تولد پاپ در حقیقت ۱۰ سپتامبر ۱۴۸۷ بوده است؛ یعنی ۱ سال و ۳۵ روز زودتر از تاریخ ۱۵ اکتبر ۱۴۸۸ که زایچه برایش محاسبه شده بود.

۱. متن حاضر ترجمه‌ای است از مقاله‌ای با مشخصات زیر:

Willy Hartner, "The Role of Observations in Ancient and Medieval Astronomy", *Journal for the History of Astronomy*, viii (1977), pp. 1-11.

تمام پانوشت‌ها و شکل‌ها از مترجم و تمام پی‌نوشت‌ها [که درون کروشه آمده است] از نویسنده است.

۲. ویلی هارتر از استادان و پژوهشگران بزرگ تاریخ علم به ویژه تاریخ نجوم اسلامی بود. او به سال ۱۹۰۵ در آلمان متولد شد و در دانشگاه فرانکفورت مکانیک سماوی کلاسیک و مدرن خواند. علاقه‌اش به علوم شرقی او را به مطالعه زبان چینی کلاسیک کشاند و پژوهشی درباره گاهشماری چینی منتشر کرد. وی نزد پروفسور یوزف هورویتز (Josef Horowitz) زبان عربی خواند و در زمینه جهان اسلام تخصص یافت. همزمان با ازدواجش در نورز به سال ۱۹۳۵ به دانشگاه هاروارد دعوت شد تا استاد درس تاریخ علوم طبیعی باشد. در این دوران درباره مباحث بسیاری پژوهش کرد، از جمله پیکرنگاری گره‌های ماه در آثار هندی و اسلامی. زمانی که در ۱۹۳۸ به آلمان بازگشت، حکمرانی رژیم نازی باعث ایجاد تمایلات ضد یهودی در همکارانش شده بود. مخالفت شدید هارتر با حزب نازی در دو تا از سخنرانی‌هایش که به سال ۱۹۶۱ چاپ شده، هویدا است. در سال ۱۹۴۳ «مؤسسه تاریخ علوم طبیعی» را راه انداخت. پس از جنگ جهانی دوم، درگیر بازسازی دانشگاه فرانکفورت شد و به درجه استادی رسید. از ۱۹۵۹ تا ۱۹۶۰ رئیس دانشگاه فرانکفورت و از ۱۹۶۱ تا ۱۹۶۵ بارها در هاروارد استاد مهمان بود. جایزه‌های متعددی به خاطر فعالیت‌های علمی‌اش دریافت کرد از جمله در ۱۹۷۱ مدال جورج سارتن را از آن خود کرد. در سال ۱۹۶۸ به افتخار شصتمین سال تولدش کتابی با عنوان *Oriens-Occidens* (= شرق - غرب) منتشر شد که بسیاری از مقالاتش را در بردارد. هارتر آثار بسیاری درباره تاریخ نجوم اسلامی و دیگر سرزمین‌های شرقی منتشر کرد از جمله دو مقاله بسیار مهم درباره منشأ و تکامل نظام گاهشماری ایران باستان. هنوز در اوج فعالیت علمی خود بود که ناگهان در ۱۶ مه ۱۹۸۱ دیده از جهان فرو بست.

۳. پژوهشکده تاریخ علم دانشگاه تهران، amirgamini@ut.ac.ir

4. Giovanni Maria Ciochi del Monte

5. Luca Gaurico

چرا این اخترگو تاریخ صحیح را، و به عبارت دیگر مبنای رصدی محاسباتش را، دستکاری کرده بود؟ پاسخ روشن است. این کار از کتاب تقاویم نجومی سال‌های ۱۴۷۵-۱۵۰۶<sup>۱</sup> نوشته رگیومونتانوس آب می‌خورد. معلوم است که این کتاب منبع او بوده است، چرا که بر اساس قواعد اخترگویی (احکام نجوم) امکان نداشت هیچ پایی در ۱۰ سپتامبر سال ۱۴۸۷ متولد شود، چون در این تاریخ از طرفی ماه و خورشید و از طرف دیگر مشتری و زهره در تریب بوده‌اند. مصلحت اقتضا می‌کرد که زمان بهتری دست و پا شود و تاریخ ۱۵ اکتبر ۱۴۸۸ نزدیک‌ترین زمان ممکن و مناسب برای تولد یک پاپ تشخیص داده شد. به این کار می‌گویند تقلب، ولی انسان عصر نوزایی، چنان که از مثال‌های پرشمار دیگر نیز می‌توان دریافت، اهل تساهل بود و احتمالاً چنین استدلال می‌کرد: اگر امور واقع با یک نظریه خطاناپذیر سر ناسازگاری داشته باشند، یا حتی بدتر، با عقاید جزمی مذهبی جور درنیایند - و بدا به حال این امور - چاره‌ای جز سرکوب کردن یا تغییر دادن آن‌ها نیست. در طول سده‌های [میانه در اروپا] تا زمان گاليله و پس از آن، دلایل تجربی در تقابل با حقایق آشکار به خودی خود باطل محسوب می‌شدند؛ و واژه حقیقت، به معنای صریح کلمه، تنها درباره حوزه دین به کار می‌رفت، در حالی که نظریه‌ها - و ضرورتاً واقعیت‌های ضمنی که بر حواس ضعیف ما مبتنی‌اند - تنها بیشتر یا کمتر محتمل محسوب می‌شدند. بدین ترتیب باید خاطر نشان کنیم که واژه لاتینی *probabilis* (= محتمل) در اصل به معنای «اثبات پذیر» است و آگاهی به این معنای اصلی تا همین اواخر زنده بود.

در اکتبر سال ۱۵۹۷ م. کپلر، که هنوز ۲۶ سال داشت و تازه به فکر حمایت از کوپرنیک‌گرایی برای تسخیر نجوم افتاده بود، در نامه‌ای به گاليله نوشت: هر گاه نتوان با دلایل معتبر به اهداف خیر (که البته نیت همه خیر است) دست یافت، اشکالی ندارد که از راه‌های متقلبانه استفاده کنیم. اما می‌دانیم که چند سال بعد نظرش کاملاً عوض شد و وقتی با انحرافی معادل ده دقیقه کمان در موقعیت مریخ روبرو شد، عقیده جزمی سالخورده حرکت دایره‌ای یکنواخت را [که مورد حمایت کوپرنیک نیز بود] رد کرد و به جستجوی راه حلی برای هماهنگی بیشتر با رصد برآمد و آن را یافت. همچنین می‌دانیم که احتمالاً به خاطر رصدهای دقیق تیکو براهه بود که از تمامی دستاوردهای اروپای مسیحی فراتر رفت. همین شواهد تجربی و رصدهای تیکو بود که نشان داد افلاک ائیری، که تا آن زمان بر اندیشه نجومی حاکم بود، به هیچ وجه وجود ندارد و علاوه بر این، جزم ارسطویی کون و فسادناپذیری افلاک افسانه‌ای بیش نیست. تیکو، که به حق مغرور شده بود، حمله خود را به دیدگاه‌های سنتی اسکاتس کریگ<sup>۲</sup> اهل ادینبرو آغاز کرد، با این عقیده که ما نباید در مباحث علمی

1. *Ephemerides for the years 1475-1506* (Nuremberg, 1474).  
2. Scots Dr Craig

بیش از این به مراجع فکری تکیه کنیم، زیرا تنها یک مبنای قابل اعتماد وجود دارد: واقعیت‌های برگرفته از رصد.<sup>[۱]</sup>

لازم به ذکر نیست که وی همیشه به این سخن پای‌بند نبود. او هیچ‌گاه مبنای علمی اخترگویی (احکام نجوم) را زیر سؤال نبرد، چرا که مثل کپلر طرفدار سرسخت آن بود و به عنوان یک منجم، پس از آن که اختلاف منظر ستاره دنباله‌دار سال ۱۵۷۷م را اندازه گرفت (کمتر از ۱۵ دقیقه کمان) و فاصله آن را حداقل ۲۳۰ برابر شعاع زمین به دست آورد، نتیجه گرفت که این ستاره دنباله دار «در فلک زهره می‌گردد»<sup>[۲]</sup>، در حالی که زهره هیچ اختلاف منظر قابل محاسبه‌ای نداشت؛ علاوه بر اینکه اشاره به «فلک زهره» با اندیشه [نفی افلاک مجسم] در تعارض بود.

کپلر در نامه‌ای از گالیله خواست ارتفاع ستاره قطبی در عبور بالایی و پایینی را در اوقات مختلف سال اندازه‌گیری کند، به این امید که شاید اختلاف منظری در حد ۱ تا ۲ دقیقه کمان یا حتی ۱۰ تا ۱۵ دقیقه مشاهده شود. برای این کار به عقیده او ربعی با دقت یک چهارم دقیقه کمان لازم بود. اما روی محیط ربعی با شعاع ۱ متر، هر دقیقه برابر با  $\frac{3}{4}$  میلی‌متر خواهد بود و برای تشخیص یک چهارم یک دقیقه، باید هر کدام به ۴ بخش تقسیم شوند. کپلر چطور توقع داشت گالیله، که تبحری در رصد نداشت، بداند که چطور چنین ابزاری را بسازد و به کار گیرد؟

۲. در سه مقاله‌ای، که اخیراً ر. نیوتن<sup>[۳]</sup> منتشر کرده، با زیرکی فراوان بخش بزرگی از رصدهای ادعایی بطلمیوس را تحلیل کرده و نشان داده است که همگی ساختگی‌اند. می‌توان ثابت کرد که بسیاری از آن‌ها بر اساس رصدهای پیشینیان، به ویژه هیپارخوس، بر پایه مشخصه‌های نادقیقی که بطلمیوس درست فرض کرده، محاسبه شده است. به این ترتیب بطلمیوس مقدار نادرست  $24667/365$  روز را برای طول سال اعتدالی به رصدهای اعتدال‌های سال‌های ۱۴۶ و ۱۴۵ ق.م. توسط هیپارخوس و رصد انقلاب تابستانی سال ۴۳۱ ق.م به وسیله متون اعمال کرده تا به تاریخ‌ها و ساعت‌هایی رسیده است که ادعا می‌کند گزارش رصدهای خودش در سال‌های ۱۳۲، ۱۳۹ و ۱۴۰ م. با ابزارهایی است که در جای دیگری توصیف‌شان کرده است. در حالی که در واقع همه آن‌ها تا ۲۸ ساعت برای اعتدال‌ها و ۳۶ ساعت برای انقلاب‌ها تأخیر دارند. واقعاً بررسی منظم فصول مجسطی بطلمیوس، به این شکل، بسیار ارزشمند است، زیرا این کتاب هزاران سال یا بیشتر عملاً تزلزل‌ناپذیر دانسته می‌شد و نشان دادن ضعف حداقل بعضی مبنای رصدی آن مهم است.

در بعضی موارد خود بطلمیوس با ناهمسازی‌هایی گیج‌کننده [میان نتایج و رصدها] در منظومه کیهانی‌اش روبرو می‌شد و اعلام کرد که با تغییراتی اندک در بعضی مشخصه‌ها می‌توان این ناهمسازی‌ها را بر طرف کرد. این در حالی بود که می‌دانست نظامش به تغییرات کوچک بسیار حساس است و کوچک‌ترین تغییری تأثیر زیادی بر نتایج خواهد گذاشت. یکی از نمونه‌های ویژه و

آموزنده را در اینجا می‌آورم. این نمونه درباره تعیین فواصل نسبی و مطلق ماه و خورشید و اختلاف منظر هر یک از آن دو است که جایگاهی محوری در مقاله‌های ر.ر. نیوتن دارد.

در بخش دوم مقاله اول کتاب الاقتصاد بطلمیوس، که در چاپ هایبرگ<sup>۱</sup> وجود ندارد، ولی برنارد گلدشتاین آن را بر اساس پیش‌بینی من از وجودش و از برخی مشخصه‌های عمده‌اش کشف، تصحیح، ترجمه، و شرح کرده است<sup>[۴]</sup>، بطلمیوس نظریه افلاک تودرتویش را به تفصیل آورده در این کتاب ترتیب هفت سیاره (ماه، عطارد، زهره، خورشید، مریخ، مشتری، و زحل) که در مجسطی بدون برهان آمده بود، اثبات و فواصل آن‌ها از زمین بر اساس فرض وجود آن‌ها درون پوسته‌های فلکی خارج مرکز و تدویر که فاصله بینشان نیست محاسبه شده است. بدین ترتیب که بیشترین فاصله ماه برابر با کمترین فاصله عطارد و بیشترین فاصله عطارد برابر با کمترین فاصله زهره و بیشترین فاصله زهره برابر با کمترین فاصله خورشید فرض می‌شود.

اما بطلمیوس ادعا می‌کند که ماه در مقارنه‌ها و مقابله‌هایش با خورشید در بیشترین فاصله‌اش است، زیرا در گرفتگی‌ها این فاصله به  $\frac{1}{6}$  شعاع زمین می‌رسد و این مقدار در ملاحظات بعدی اهمیت خود را نشان می‌دهد. با به کارگیری نسبت درست‌ترین و کمترین فاصله عطارد و زهره، بیشترین فاصله زهره به دست می‌آید که برابر با کمترین فاصله خورشید، یعنی ۱۱۹۰ برابر شعاع زمین است. و این مقدار با شگفتی بسیار نزدیک به عدد ۱۱۶۰ است که [از روشی دیگر] به عنوان کمترین فاصله خورشید در مجسطی محاسبه شده بود (مقاله پنجم، فصل ۱۵).<sup>[۵]</sup>

این ارقام نامعقول، ولی سازگار ناشی از این برهان را در رساله هیپوتیپوسیس<sup>۲</sup> پروکلوس<sup>۳</sup> می‌توان یافت. ولی در بیشتر آثار منجمان دوره اسلامی، از جمله بیرونی، مقادیر کمتری برای بیشترین فاصله زهره در نظر گرفته‌اند: مثلاً فرغانی به جای ۱۱۹۰ عدد ۱۱۲۰ را و بیرونی عدد ۱۱۳۴؛ ۲۸ را آورده‌اند.

بنابراین درباره بیرونی، که یکی از برجسته‌ترین دانشمندان تمدن اسلامی است - اگر نگوئیم که برجسته‌ترین آن‌هاست - و درباره بسیاری از دانشمندان پایین‌تر از او چه می‌توان گفت، چون رویکرد او به مسائل عددی تفاوت چندانی با رویکرد بطلمیوس، که محل بحث ماست، ندارد. از یک سو بیرونی درکی از حدود دقت رصدها و همچنین محاسبات ندارد. مثلاً چه معنایی دارد که مدت زمان میان رصد انقلاب تابستانی متون در ۴۳۱ ق م و رصد خودش در ۱۰۱۶ م/۴۰۷ ق را با دقت نیم ثانیه به دست می‌دهد؟<sup>[۶]</sup> زیرا، بنا بر سخنان خودش، منبع او (یعنی مجسطی) رصد متون

1. Heiberg

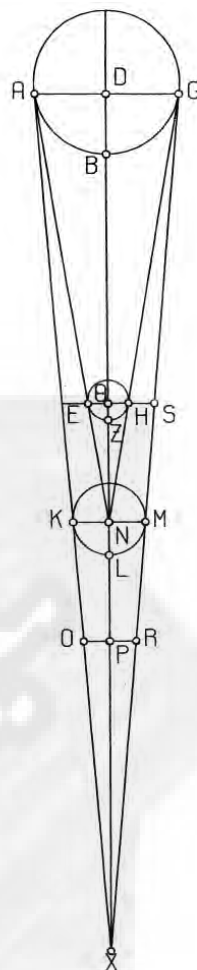
۲. واژه یونانی به معنی چکیده یا خلاصه یک علم.

3. Proclus's *Hypotyposus*

را فقط «صبح» روزی مصادف با ۲۷ ژوئن ذکر کرده است؛ وی حتی توجه نمی‌کند که آیا آن رصد در آتن بوده یا در «قوقلادس»، یکی از جزایر سیکلادس در یونان؛ او حتماً می‌داند که هیچ کدام از شش مقداری که در تحدید الاماکن<sup>[۷]</sup> (با پراکنندگی بیش از  $2\frac{1}{2}^\circ$ ) برای طول جغرافیایی آن ناکجاآباد، یعنی غزنه در نزدیکی کابل امروز که شرایط او را مجبور به سکونت در آن کرده بود، به دست می‌دهد، نمی‌توانند دقیق باشند. از طرف دیگر چه فکری می‌کرده وقتی، با فرض وجود افلاک تودرتو، اول بیشترین و کمترین فواصل سیارات را بر اساس مقادیر دقیق خروج از مرکزها محاسبه و بعد همان مراحل را با ارقام دست‌ودلباز گرد شده تکرار می‌کرده است؟ هر کدام از این مراحل طبیعتاً تفاوت میان ارقام تقریبی و ارقام با دقت محاسبه شده را افزایش می‌دهد. نتیجه‌ای که می‌توانم بگیرم آن است که محاسب‌ها، از قدیم‌الایام تا حدود ۱۶۰۰ م/۱۰۰۰ ق، کسرهای معمولاً بر اساس سلیقه‌شان گرد می‌کردند؛ حداقل من نمی‌دانم چه ملاحظات نظری در این کار مد نظر بوده است. به شیوه کار بطلمیوس بازگردیم. او از بیشترین فاصله ماه آغاز می‌کند که به گفته خودش آن را به ۶۴ برابر شعاع زمین گرد کرده است، هر چند از محاسبات بعدی او نتیجه می‌شود که در واقع مقدار «درست»  $64\frac{1}{6}$  را به کار می‌گرفت. حال بر اساس نظریه خود او نسبت بیشترین فاصله عطارد به کمترین فاصله‌اش برابر با  $2/767 = 33;4 : 91;30$  است، که ضرب در  $64\frac{1}{6}$  می‌شود  $177/5$  ش.ز. [= بیشترین فاصله عطارد بر حسب شعاع زمین]. ولی بطلمیوس به خاطر لغزشی، که منشأ آن را در مقاله دیگری مطرح کرده‌ام،<sup>[۸]</sup> نسبت  $2/588 = 34 : 88$  را به کار می‌گیرد و به جای عدد ۱۷۷ به ۱۶۶ می‌رسد. این عدد را هم، به نوبه خود، به جای اینکه در نسبت صحیح  $6/7 = 15;35 : 104;25$  ضرب کند، در نسبت گرد شده  $6/5 = 16 : 104$  ضرب می‌کند و کمترین فاصله خورشید را، به جای مقدار «درست» ۱۱۹۰، برابر با ۱۰۷۹ ش.ز. به دست می‌آورد.

چنان که دیدیم، بطلمیوس مقدار  $64\frac{1}{6}$  را [برای بیشترین فاصله ماه] از اختلاف منظر  $53'35''$  به دست آورده بود. اما در فصل ۱۵ از مقاله پنجم مجسطی، با شکل مشهوری نشان داده است که مجموع اختلاف منظرهای خورشید و ماه برابر است با مجموع زوایای رو به نصف قطر خورشید و رو به نصف سایه زمین [شکل ۱]. آنگاه با استفاده از گزارش خسوفی بابلی (۱۶ ژوئیه ۵۲۲ ق.م.)، که ماه نزدیک ذروه فلک تدویرش بوده، مقدار  $40'40''$  را برای نصف سایه زمین به دست آورد و بر اساس قطر ظاهری نیرین [= ماه و خورشید]، هر دو برابر با  $31'21''$ ، فاصله متوسط ماه را ۵۹ و خورشید را ۱۲۱۰ ش.ز. به دست می‌آورد، که به ترتیب مبتنی بر اختلاف منظرهای  $58'16''$  و  $2'51''$  است. اگر فاصله میانگین خورشید را به نسبت خروج از مرکز آن، یعنی  $2;30 = 1/24$  جزء کاهش دهیم، به کمترین فاصله آن که قبلاً ذکر شد، یعنی ۱۱۶۰ ش.ز. می‌رسیم.

بطلمیوس در اینجا نامی از آریستارخوس نمی‌برد، ولی دست کم باید خوشحال باشد که مقدار او را تأیید کرده است، یعنی اینکه خورشید بیش از ۱۸ برابر و کمتر از ۲۰ برابر بیشترین فاصله ماه، از زمین فاصله دارد. در واقع، نسبت میان فاصله میانگین خورشید (۱۲۱۰) و بیشترین فاصله ماه، یعنی رقم  $۶۴\frac{1}{۶}$ ، بسیار به نسبت ۱: ۱۹ نزدیک است. و این ما را به تردید می‌اندازد که نکند بطلمیوس در ابداع روش خود، کوشیده است که بالاخره به نتیجه‌ای مطابق با یک سنت جا افتاده برسد. من، بر خلاف نیوتن، شیوه او را بیشتر خواست اندیشی می‌نامم تا تقلب، و مدعی‌ام که تاریخ علم پر از نمونه‌های مشابه است. نمونه‌ای دیگر از همین جنس جفر<sup>۱</sup> است (که درک پرایس<sup>۲</sup> آن را فیثابلی‌گرایی<sup>۳</sup> می‌خواند)، یعنی عقیده به اینکه کیهان ما تابع رموز اعداد است و وظیفه ما گشودن آن رمزهاست. از آثار فیثاغورس گرفته تا کوپرنیک (منظور سال ۱۷۱۷ است) و تا کیهان‌نگاری رمزی و جهان‌هماهنگ نوشته کیپلر<sup>۴</sup> پر از این حرف‌ها است. تا جایی که درباره منشأ این نوع تفکر می‌دانیم، سرچشمه‌های آن را باید در مشاهده اصوات دانست. فیثاغوریان با هیجان بسیار کشف کردند که هماهنگی‌های موسیقایی را می‌توان با اعداد نشان داد. عجیب نیست که همین مشاهده باعث ایجاد این عقیده شد که قوانین مشابهی بر تمامی کیهان حکم‌فرما است. و نتیجه طبیعی‌اش آن بود که اگر امور واقع با آنچه باید تطابق ندارند، ساده‌ترین مصلحت آن است که آن‌ها را به شیوه مناسبی سر به راه کنیم. [امروزه] جلوی این روش در



[شکل ۱: موقعیت خورشید D، ماه  $\theta$  و زمین N در یک خسوف. بطلمیوس از این شکل برای تعیین فاصله خورشید استفاده می‌کند (برگرفته از ترجمه انگلیسی توامر از مجسطی، ص ۲۵۶-م.)

1. numerology  
2. Derek Price

۳. Pythagoreanism: اصطلاحی که احتمالاً از ترکیب دو کلمه فیثاغورس و بابل، Pythagoras and Babylon، ساخته شده است.

4. Kepler's *Mysterium cosmographicum and Harmonice mundi*

علوم طبیعی نوین گرفته شده است، ولی هنوز در علوم اجتماعی، حداقل میان نمایندگان نومدرسی‌گرای جزم‌اندیش آن رواج دارد.

بالاخر گفتیم که بطلمیوس باید خوشحال باشد که به همان نتیجه‌ای رسید که آریستارخوس، [سال‌ها قبل] با روشی متفاوت بدان دست یافته بود. اما اگر هم نامی از او نبرده، حتماً دلیل خوبی داشته است. اگر خامی غیرقابل باور آریستارخوس در رصد کشیدگی ماه در تربیع (۸۷° به جای ۸۹;۵° که موجب شد آن تخمین ۲۰ برابر کمتر به دست آید) را به کناری بگذاریم، که بی‌شک از دید بطلمیوس پوشیده نمانده بود، او حتماً می‌دانست که بر اساس نظریه خودش برای حرکت ماه، فاصله میانگین ماه در تربیع تقریباً ۳۹ ش.ز. است، نه ۶۴، و این فاصله خورشید را تا ۷۵ ش.ز. پایین می‌آورد. و اگر کمترین فاصله ماه را ۳۳;۳۳ بگیریم، در نهایت فاصله خورشید ۶۴۰ ش.ز. خواهد شد.

چنان که در ابتدای این مقاله ذکر شد، روش بطلمیوس کمتر از روش آریستارخوس به تغییرات مشخصه‌ها حساس نبود. جالب این که بطلمیوس در حین گزارش نتایجش در مجسطی، تفاوت ۸۱ ش.ز. بین مقدار محاسبه شده بر اساس الگوی «افلاک تودرتو»، یعنی ۱۰۷۹ و آنچه از روش به‌کار رفته در مجسطی به دست آمده است، یعنی ۱۱۶۰، به جایی رسید که نوشت: «چنین است که اگر کمی فاصله ماه را افزایش دهیم [! ]، فاصله خورشید اندکی کم و برابر با بیشترین فاصله زهره می‌شود.» در واقع با افزایش بیشترین فاصله ماه از ۶۴<sup>۱</sup>/<sub>۶</sub> به ۶۴/۴۷۴، فاصله میانگین خورشید ۱۱۱۶ و کمترین فاصله‌اش همان مقدار مورد نظر ۱۰۶۹ می‌شود. می‌توانم چنین بیفزایم که با کاهش فاصله به اندکی کمتر از ۶۱، یعنی ۶۰/۹۸، فاصله خورشید بی‌نهایت و اگر آن را ۱۲۲ بگیریم فواصل با هم برابر خواهند شد.<sup>[۹]</sup> [یعنی روش بطلمیوس تا چه حد به تغییرات کوچک حساس بود و او در ایجاد تغییرات کوچک تا چه حد سهل‌انگار بود!]

بسیار به ندرت مشاهده می‌شود که در عصر باستان کسی تأثیر تغییرات یک مشخصه را بر نتیجه نهایی بررسی کرده باشد. اما، چنان که خواهیم دید، دانشمندان بزرگ دوره اسلامی با مهارت تحسین‌انگیزی به این موضوع پرداخته‌اند.

مقادیر بسیار غلط بطلمیوس برای اختلاف منظر خورشید و همچنین برای فواصل سیارات بر اساس نظریه «افلاک تودرتو» را همه ستاره‌شناسان، به جز کوپرنیک، تا زمان تیکو براهه پذیرفتند. جدول اختلاف منظر بطلمیوس (مجسطی، مقاله پنجم، فصل ۱۸) را در بیشتر رساله‌های نجومی اسلامی (از جمله زیج بتانی) می‌توان یافت، اما به رغم جستجوی مشتاقانه من، تنها در یکی از آن‌ها به صراحت گفته شده است که نتایج رصدی با توجه به اختلاف منظر اصلاح شده است: ابن شاطر دمشقی (د ۱۳۷۹م/۷۸۱ق)، که اخیراً به عنوان پیش‌قراول کوپرنیک مشهور شده است، البته



نه به خاطر عرضه نظریه خورشید مرکزی، بلکه به دلیل تعهد محافظه کارانه اش به اصل حرکت دایره ای یکنواخت. بر اساس نامه ای از ادوارد برنارد در ۱۶۸۱م به فلامستید،<sup>[۱۰]</sup> «ابن شاطر» گفته است در سال ۱۳۶۳م/۷۶۴ق زاویه میل [دایرة البروج نسبت به استوا] را «اصلاح کرده است»، بدون آن که تأثیر اختلاف منظر خورشید را فراموش کرده باشد. وی اختلاف منظر افقی را "۲'۵۹" در نظر گرفت و میل کلی را "۳۱° ۲۳" به دست آورد. اما بدون پژوهش بیشتر نمی توان فهمید چرا اختلاف منظر بطلمیوسی را ۸ ثانیه بیشتر در نظر گرفته است. اختلاف منظر "۲'۵۹" متناظر با فاصله ای برابر ۱۱۵۲ ش.ز. یا تا حدی نزدیک به فاصله حنیض بطلمیوسی است، ولی دلیلی وجود ندارد که این مقدار جایگزین فاصله میانگین شود.

نتیجه ابن شاطر نیز جالب توجه و گواه رصدهای خوب فواصل حدی خورشید تا سمت الرأس است. نصف تفاوت اختلاف منظر بطلمیوس با آنچه در دمشق رصد شده است ( $\varphi = ۳۰' ۲۳^\circ$ )، که ابن شاطر باید از نتایج رصدی خود کم کند، تقریباً ۱ دقیقه است. پس مقدار کم نشده اش (E)  $۳۲' ۲۳^\circ$  بوده است؛ که با اضافه کردن به این نصفه تفاوت اثر انکسار: تقریباً  $۴۰'$  ثانیه، می رسیم به عدد  $۴۰' ۳۲' ۲۳^\circ = E$ . اما فرمول لوریه این مقدار را برای سال ۱۳۶۳م برابر با "۲۴' ۳۱' ۲۳" به دست می دهد.

اشاره دیگری نیز به اختلاف منظر خورشید در تحدید الاماکن بیرونی دیده می شود.<sup>[۱۱]</sup> او در آنجا بدون ذکر ارقام، نشان می دهد که باید از مقدار یافت شده با رصد برای میل [دایرة البروج] اختلاف منظرهای انقلابین را کم کرد.

۳. یک قرن پیش از ابن شاطر، منجم مشهور چینی، کوئو شوچینگ، شاخص<sup>۱</sup> [آفتابی] بسیار مخصوص و بزرگی را در کائوچینگ (نزدیک لویانگ) برافراشت. این کار در عصر مغولان انجام گرفت. قوبلای خان، امپراتور جدید چین (۱۲۸۰-۱۲۸۹م)، با هولاکوخان، که خلیفه مسلمانان را در ۱۲۵۸م/۶۵۶ق. سرنگون کرده و اولین پادشاه ایلخان در ایران شده بود، برادر بودند و به این ترتیب اولین ارتباط صمیمی میان خاور دور و میانه شکل گرفت. در این عصر دانش نجوم احیا شد: رصدخانه مراغه با مدیریت نصیرالدین طوسی و قطب الدین شیرازی در غرب، و فعالیتی برجسته، ولی کوتاه مدت، در شرق به وجود آمد که شاخص کوئو شوچینگ شاهدی از آن روزگار است.<sup>[۱۲]</sup> با اینکه در آغاز منجمان چینی چندان به فکر افزایش دقت نبودند، برج کوئو به دقتی بی سابقه دست یافت. این شاخص دارای یک میله افقی با ضخامت ۳ اینچ بود که بین دو نگهدارنده در ارتفاع ۴۰ پایی (= ۴۰۰ چینی) از سطح زمین نصب شده بود. سایه میله، البته به صورت

1. gnomon



مبهم، به شکل یک خط نازک روی یک «سایه نما»، یعنی یک صفحهٔ سوراخ‌دار مسی دیده می‌شد. این سایه نما قابل چرخش به دور محوری افقی بود، چنان که همیشه بر اشعهٔ آفتاب عمود باشد، و روی چرخکی به فاصلهٔ مناسب از مقیاس مدرج به طول ۱۲۸ پا نصب شده بود.<sup>[۱۳]</sup>



[شکل ۲: رصدخانهٔ خورشیدی کونو شوچینگ برای تعیین دقیق ارتفاع خورشید، ساخته شده در ۱۲۷۶م در چین. م] با اجرای این آزمایش در مقیاسی کوچک‌تر و تحت شرایط مختلف، به این نتیجه رسیدم که واقعاً به خوبی کار می‌کند.<sup>[۱۴]</sup> متأسفانه اثری از رسالهٔ اصلی، که در آن نتایج این اندازه‌گیری‌های دقیق لحظات انقلابین عرضه شده باشد، به جا نمانده است و ارقام موجود در اثری به نام سالنامهٔ سلسلهٔ مغول، که من هنوز نتوانسته‌ام خوب بررسی‌اش کنم، متأسفانه قابل اعتماد نیست و شک دارم که بشود اصلاحش کرد. روش کار البته بسیار مهم است، زیرا بدون هیچ خطایی ارتفاع مرکز خورشید را به دست می‌دهد و بر خلاف شاخص‌های معمولی [سایه] لبهٔ بالایی یا پایینی خورشید را به کار نمی‌گیرد. با وجود چنین نوآوری و پیامدهای بزرگی که می‌تواند داشته باشد، هیچ نشانی از آن در غرب یافت نمی‌شود.

۴. اندیشهٔ ساختن ابزارهای بزرگ برای افزایش دقت رصد تاریخی طولانی در شرق اسلامی دارد و می‌توان آغاز آن را از رصدهای سال ۲۱۳ق به فرمان مأمون خلیفه در بغداد و چند سال بعد در

دمشق دانست. این اندیشه را می‌توان طی سده‌ها تا زمان الغ بیگ (۷۹۶-۸۵۳ق) و جی‌سینگ (۱۶۸۶-۱۷۴۳م/۱۰۹۷-۱۱۵۶ق.) در جیبور پی‌گرفت.<sup>[۱۵]</sup> بیرونی نیز دربارهٔ ابزارهای بزرگ رصدی گفته است: منجمان مأمون در بغداد و دمشق ربعی مرمرین به شعاع ۱۰ ذراع، یا ۵ متر به کار می‌بردند و ابوسهل بیژن بن رستم کوهی در ۳۷۸ق ابزار دیگری طراحی کرد، شامل اتاقکی خاص با روزنی در سقف که کف آن به شکل نیمکره‌ای به قطر ۱۵ ذراع بود (پیش‌قراول ساعت آفتابی غول پیکر کلیسای جامع بولونیا)؛ و موارد مشابه دیگر. بیرونی تأکید می‌کند که نتیجهٔ اولین تلاش برای تعیین طول دایره البروجی اوج خورشید که به فرمان مأمون انجام شد، مقداری کاملاً غلط و ۲۰ درجه کمتر از مقدار صحیح از آب درآمد. بیرونی ادامه می‌دهد که تنها یک سال پس از آن ثابت بن قره یا بنوموسی به مقدار خیلی بهتری دست یافتند:  $۸۲\frac{۳}{۴}^{\circ}$ ،<sup>[۱۶]</sup> اما ابن یونس (د ۳۹۹ق)<sup>[۱۷]</sup> گزارش می‌کند که گروه مأمون، که سه نفر از منجمان مشهورش را به نام ذکر می‌کند، در همان سال، از طریق رصد به مقدار  $۸۲^{\circ} ۳۹'$  رسیدند. تطابق این عدد با مقدار  $۸۲^{\circ} ۵۵/۶'$  محاسبه شده با فرمول لوریه برای سال ۸۳۰م/۲۱۵ق، قابل توجه است.

خیلی جالب است که روش تازه‌ای نیز برای تعیین طول دایره البروجی اوج خورشید به کار گرفته شد. تمام مورخان نجوم روش هیپارخوس را می‌شناسند که تصادفاً به نتیجهٔ خوبی رسیده است (فقط ۴۷ دقیقه کمتر از مقدار صحیح). بطلمیوس این روش را حدود ۳۰۰ سال بعد باز به کار گرفت و به همان نتیجه رسید، که البته این بار  $۵\frac{۱}{۴}^{\circ}$  کمتر از [مقدار صحیح] بود. این خطا ظاهراً علل گوناگونی داشت: حساسیت این روش به خطاهای کوچک رصدی، استفاده از عدد  $۳۶۵/۲۵$  روز برای طول سال اعتدالی و احتمالاً پیش فرض اولیهٔ بطلمیوس که فاصلهٔ اوج از نقطهٔ اعتدال بهاری باید ثابت باشد.<sup>[۱۸]</sup>

این روش چند مرحله دارد: (۱) تعیین لحظات عبور خورشید از اعتدال بهاری، انقلاب تابستانی و اعتدال پاییزی (نیازی نیست بگوئیم رصد مستقیم روز و ساعت لحظهٔ انقلاب ناممکن است؛ ولی من یافته‌ام که می‌توان با اندازه‌گیری تقریبی ارتفاع نصف‌النهاری خورشید از ۱۰ روز قبل تا ۱۰ روز بعد از انقلاب و از طریق درون‌یابی این لحظات را با دقت ۲ ساعت یافت؛<sup>[۱۹]</sup> البته می‌توان با اندازه‌گیری ارتفاع خورشید از ۴۵ روز قبل تا ۴۵ روز بعد از انقلاب به دقت بیشتری دست یافت، زیرا آنگاه خطای ۱ دقیقه در ارتفاعها باعث خطایی کمتر از ۱ ساعت می‌شود). (۲) مدت زمان به دست آمده برای بهار و تابستان را، با داشتن بهترین مقدار در دسترس برای طول سال

۱. این ساعت آفتابی در واقع شاخص ظهر روزنه‌ای است با نوار مدرجی در کف مسطح کلیسا. - م

اعتدالی، به درجه تبدیل می‌کنیم. (۳) از طریق ملاحظات هندسی ساده، خروج از مرکز مدار دایره‌ای خورشید که در آن با سرعت یکنواخت گردش می‌کند، و طول دایره البروجی اوج نیز، به دست می‌آید.

دست‌آورد نوی منجمان بغداد این بود که به جای رصد عبورهای [نصف‌النهار] خورشید در طول‌های دایره البروجی  $0^\circ$ ،  $90^\circ$ ،  $180^\circ$  و  $270^\circ$ ، خورشید را در طول‌های  $45^\circ$ ،  $135^\circ$ ،  $225^\circ$  و  $315^\circ$  رصد کردند و همان روش بالا را به کار گرفتند. این روش «چهار فصل» برتری‌های بسیاری دارد. در طول‌های  $45^\circ$  و  $135^\circ$  میل خورشید  $\delta_1$  است و در طول‌های  $225^\circ$  و  $315^\circ$   $\delta_2 = -\delta_1$ . مقادیر این میل‌ها را می‌توان مستقیماً از جداول میل خورشید در مجسطی، مقاله اول، فصل ششم یا زیج بتانی استخراج کرد؛<sup>[۲۰]</sup> بتانی به درستی مقدار  $\delta_1 = 16^\circ 26' 0''$  را (برای  $23^\circ 35' = \varepsilon$ ) به دست می‌دهد. در همسایگی طول  $45^\circ$ ، میل خورشید با نرخ ۱۷ دقیقه بر درجه تغییر می‌کند و خطای رصدی  $\delta$  به اندازه  $\frac{1}{4}$  دقیقه به خطای حدود  $1' 4''$  در طول خورشید منجر می‌شود که متناظر با ۴۰ دقیقه زمانی است. روی ربع ۱۰ ذراعی مأمون (ربع بیرونی ۹ ذراعی بود)، ۱ دقیقه برابر با  $\frac{1}{5}$  میلی‌متر است که یعنی دقتی کمتر از  $30''$  ثانیه قوس قابل حصول است. این دقتی بسیار بیشتر را در تعیین طول زمانی فصول نسبت به روش هیپارخوس تضمین می‌کند، که به خاطر عدم قطعیت در رصد انقلاب‌ها معیوب بود.

جدا از این‌ها، مقایسه‌ای که بین این دو روش برای سال ۱۹۵۴م انجام داده‌ام،<sup>[۲۱]</sup> نشان می‌دهد که با روش هیپارخوس خطایی در حد  $\pm 0.25$  روز در طول بهار (و در نتیجه  $\pm 0.25$  روز در طول تابستان) حاصل خواهد شد که به خطایی در حدود  $7^\circ$  تا  $8^\circ$  برای طول دایره البروجی اوج خورشید منجر می‌شود؛ در حالی که همین خطای  $0.25 / \pm$  روز در طول دو فصل پیاپی [روش منجمان بغداد] موجب خطایی تنها برابر با  $3^\circ$  تا  $4^\circ$  می‌شود.

اکنون برای آن که برتری همکاران اسلامی شرقی خود را در تعیین موضع اوج خورشید نشان دهیم، بعضی از نتایج کار آن‌ها را در مقایسه با نتیجه فرمول لوریه اینجا می‌آورم:

تفاوت رصد و محاسبه	لوریه		
$-0;17^\circ$	۸۲;۵۵,۳۸	۸۲;۳۹	۸۳۰/م ۲۱۵ق (مأمون)
$-1;36$	۸۳;۵۰,۵۱	۸۲;۱۵	۸۸۲/م ۲۶۸ق (بتانی)
$+0;17$	۸۵;۵۲,۳۲	۸۶;۱۰	۱۰۰۳/م ۳۹۳ق (ابن یونس)
$-0;53$	۸۶;۵,۵۱	۸۵;۱۳,۵,۲۴	۱۰۱۶/م ۴۰۷ق (بیرونی)

اگر این داده‌ها را با مقادیر «غربی» زیر مقایسه کنیم، ارزش آن‌ها معلوم می‌شود:

۱۰۶۱/م ۴۵۳ق (زرقالی، اسپانیا)	۷۷;۵۰	۸۶;۵۱,۵۴	۹;۲-
۱۵۱۵م (کوپرنیک)	۹۶;۴۰	۹۴;۳۷,۱۳	۲;۳+

در اروپای مسیحی، تنها تیکو براهه بود که توانست به سطح رصدی عالی دوره اسلامی دست یابد:

۱۶۰۰م (تیکو براهه)	۹۵;۴۰	۹۶;۴,۲۸	۰;۲۴-
--------------------	-------	---------	-------

حاصل رصدهای دیگر ابن یونس هم کمتر از این عالی نیست. مثلاً او در زیج حاکمی خود، مقدار حرکت میانگین خورشید را در یک سال ایرانی ۰/۳۶۵ روزه

$$359,7611283951^{\circ} = 359;45,40,3,44^{\circ}$$

به دست داده است؛<sup>[۱۲۲]</sup> که مطابق با مقدار ۰۲/۲۴۲۳۵/۳۶۵ روز برای یک سال اعتدالی است، در حالی که مقدار نیوکومب<sup>۱</sup> برای آن زمان، یعنی سال ۱۰۰۳/م ۳۹۳ق، برابر با ۱۶/۲۴۲۲۵۱۶/۳۶۵ روز است. خطای ابن یونس ۸ ثانیه در سال است و باید آن را با خطای طول سال گریگوری مقایسه کنیم که ۲۶ ثانیه است. همچنین طول ماه اعتدالی نزد او ۲۷/۳۲۱۵۸۷ روز است که تا آخرین رقم اعشار صحیح است؛ از این می‌توانیم، با استفاده از طول سال اعتدالی، طول ماه قرانی را برابر با ۲۹/۵۳۰۵۸۶ روزه دست آوریم که تا ۵ رقم اعشار درست است. طول دوره زمانی گردش نجومی زحل، مشتری و مریخ، را که بر اساس حرکت میانگین آن‌ها در زیج ابن یونس در یک سال ایرانی محاسبه کردم با دقت ۳۰ دقیقه صحیح است و طول دوره قرانی زهره تا ۱۱ دقیقه و از آن عطارد تا یک دقیقه درست بود.

رصدهای او را از مقارنه سیارات و دیگر پدیده‌های مربوط به آن‌ها، در مقایسه با روش‌های مدرن، دارای همان دقت یافتیم. مثلاً، ابن یونس در قاهره مقارنه «غربی» زهره با قلب الاسد را، در ۱۸ ژوئن ۹۸۷/م ۱۸ صفر ۳۷۷ق رصد کرده است و می‌گوید مطابق جداولش در ۸ بعد از ظهر روی داده است. من زمان مقارنه در طول دایره البروجی را، احتمالاً با دقتی ناکافی حدود ۵ ساعت بعد، یعنی کمی پس از نیمه شب، محاسبه کردم. اصطلاح «غربی» احتمالاً به معنای وضعیتی در نزدیکی غروب آن دو ستاره در حدود ساعت ۱۰ بعد از ظهر است که زهره ایستاده در بیشترین کشیدگی اش حدود ۱ درجه شمال دایره البروج بوده است. عدم قطعیت رصد در نزدیکی افق (البته نه به خاطر اختلاف حاصل از شکست نور، که تأثیری معکوس دارد) شاید ابن یونس را متقاعد کرده که آن ستارگان به مقارنه رسیده‌اند، در حالی که زهره هنوز باید ۲ تا ۴ دقیقه کمان می‌پیمود.

1. Newcomb



۵. پیشگفتار ابن یونس (از ص. ۳۷ به بعد<sup>۱</sup>) برجسته و شاهدی بر قوه استدلال تحسین‌انگیز همراه با قوه طنز اوست. در جدل علیه کار گروهی سخن را به درازا می‌کشاند و بحثش را به این نتیجه می‌رساند که بهترین نتایج نه از طریق کار گروهی بلکه با کار افراد ماهر حاصل می‌شود:

مردم می‌گویند «فردی چنین و چنان، به تنهایی فلان رصدها را کرده است. چطور می‌توان به او اعتماد کرد و نتایج کارهای دیگران را کنار گذاشت؟» ایشان فراموش می‌کنند که بیشتر رصدها در عصر باستان توسط افرادی چون ارشمیدس، ابرخس و بطلمیوس انجام می‌شد. . . .<sup>۲</sup>

رصدها حاصل کار گروه‌هایی از افراد بودند؛ با این حال رصدهای ایشان در تعدیلات خورشید، ماه و پنج سیاره و حرکات میانگین (اوساط) و عرض ماه، با کار مؤلفان زیچ ممتحن [حاصل کار گروهی تحت فرمان مأمون خلیفه و به رهبری یحیی بن ابی منصور در ۲۱۵ق] متفاوت بود. بنابراین کار گروهی مانع از آن نشده است که نتایج حاصل از کار یک گروه با گروهی دیگر تفاوت داشته باشد. بطلمیوس در مجسطی، حرکات بعضی سیارات را افزایش یا کاهش داده است؛ و تعدیل مریخ را بیش از مقداری که پیش از او گرفته بودند، گذاشته و منجمان بعدی در این زمینه از او پیروی کردند. در باب تعدیل خورشید، چنان که در زیچ ممتحن دیده می‌شود، به رغم این واقعیت که توسط مؤلفان متعدد تهیه شده است، خطاهایی در آن راه یافته که هیچ منصفی نمی‌تواند از آن‌ها چشم‌پوشد. . . .<sup>۳</sup>

اما یکی از ادعاهای ابن یونس، با اینکه بارها تا زمان حاضر تکرار شده، فقط تا حدی درست است. مثلاً وی می‌گوید (ص ۵۸ به بعد<sup>۴</sup>)، حرکت میانگین خورشید، ماه و سیارات را می‌توان با «تقسیم مدت میان دو رصد خوب» به دست آورد. طول مدت دوره قرانی ماه را حداقل نمی‌توان با تقسیم زمان میان دو رصد بر تعداد ماهگردها یافت. حتی اگر یک بازه زمانی ۵۰۰ ساله را در نظر بگیریم، تنها تا ۳ رقم اعشار را می‌توان با اطمینان حساب کرد:  $0.29/5305 \pm 0.00015$ . ولی این حکایتی طولانی و مسئله‌ای پیچیده است که هیچ وقت به جد بررسی نشده است، و ی. مائیا<sup>۵</sup> و تا حدی خود من در حال حاضر به این کار مشغولیم. در کل، همین سؤال که چگونه در زمان بابلیان همه آن مقادیر میانگین حرکات سیارات با دقت به دست آمده بود، هنوز حل و فصل نشده است.

۱. در اصل مقاله نوشته شده: «pp. 50 ff.»، یعنی از صفحه ۵۰ به بعد. ولی در نسخه تصحیح و ترجمه کاوسین (Caussin) که هارتر بدان ارجاع داده، این نقل قول از صفحه ۳۷ آغاز می‌شود. - م

۲. ان قالوا فلان رصد وحده وكيف يوثق برأي الواحد وكيف يترك رأي الجماعة لرأيه ونسوا ان اكثر ارساد المتقدمين انما رصدها الافراد مثل ارشميدس وابرخس و بطلمیوس ... (Caussin, p. 37).

۳. وقد رصد القوم مجتمعين دفعات وكان رصدهم مع الاجتماع مخالفا لرصد اصحاب الممتحن في تعديل الشمس والقمر والكواكب الخمسة والاساط وفي عرض القمر. فاذن ما عصم الطائفتين الاجتماع من الاختلاف. وقد غير بطلمیوس في المجسطي حرکات بعض الكواكب بالزيادة والنقصان وزاد في تعديل المریخ علی ما وجد للمتقدمين ولم ينكر علیه الناس ذلك. وسأذكر من فساد تعديل الشمس بالممتحن ما ان تأمله منصف اقر بذلك مع اجتماعهم واعجب منه (Caussin, p. 45).

۴. یافت نشد.

5. Y. Maeyama

۶. ابن یونس متذکر شده است که در بسیاری مواقع خطاهای کوچک، در رصد یا در محاسبات، ممکن است به خطاهای چشمگیر منجر شود. مثلاً تذکر داده است که در عرض جغرافیایی بغداد از تفاوت ۵۱ ثانیه کمانی بیشترین تعدیل خورشید بین رصدهای منجمان بغداد ("۵۹'۱°) و دمشق ("۵۹'۵۱°) «تأخیری ۱۲ درجه‌ای در "مطالع" ورود خورشید به حمل و تأخیری ۱۸ درجه‌ای، وقتی طالع در حمل یا حوت باشد» ایجاد می‌شود. از قرار معلوم حس نقادی او کمتر از همکار جوان‌تر هم‌عصرش، بیرونی، نبوده است. بیرونی درباره‌ی اینکه آیا حرکت اوج خورشید نسبت به نقطه‌ی اعتدال بهاری با حرکت ثابت یکی است یا نه بحثی استادانه دارد که سال‌ها پیش من و م. شرام<sup>۱</sup> افتخار تحلیل آن را یافتیم.

درست است که دانشمندان اسلامی در نبود مفهومی عمومی از توابع ریاضی به عنوان یک حوزه مجزا، یک نظریه‌ی خطا ایجاد نکردند. ولی پژوهش‌های بیرونی و ابن یونس، چنان‌که در اینجا اشاره‌ای به آن‌ها شد، به وضوح شاهدهی بر آگاهی کامل آن‌ها بر اهمیت مسئله است؛ آنان اولین و قاطع‌ترین قدم را برداشتند.

۷. نمی‌خواهم بدون آشنایی کافی با جنبه‌ی عددی دستاوردهای نجومی منجمان اواخر تمدن اسلامی، به ویژه زیج الغیبیگ، و بسیاری دیگر از زیج‌های ناشناخته، نسخه‌ی آن‌ها را در چند کلمه بپیچم. کسانی هستند که بسیار بیشتر، البته نه هنوز همه چیز را، درباره‌ی آن‌ها می‌دانند و من از میان آن‌ها به نام دیوید کینگ از مصر اشاره می‌کنم. در واقع ما هنوز نوسفریم؛ به تعبیر ابن جیبرول<sup>۲</sup> چند الماسی که تا کنون از دل زمین بیرون کشیده‌ایم کافی نیست که فرّ و شکوه «تاج شاهی» علم تمدن اسلامی را در دیده بیاورد. به همین دلیل من به این عقیده رسیده‌ام که هر تلاشی برای نوشتن یک تاریخ جامع از نجوم اسلامی در حال حاضر محکوم به شکست است. در حال حاضر و تا روزگاران دراز اولین هدفمان همچنان باید گسترش شناخت‌مان از منابع باشد. به ویژه آشنایی بسیار محدود امروز ما با شواهد نمی‌تواند استدلال‌های پرطمطراق ما را درباره‌ی رابطه‌ی درونی علم و شرایط اجتماعی یا سیاسی توجیه کند. درست است که روی کرد جدید نصیرالدین طوسی به مدل‌های نجومی هم‌زمان با ظهور یک نیروی سیاسی جدید پس از سقوط دستگاه خلافت بود؛ ولی آیا بی‌معنا نیست که بخواهیم ارتباطی منطقی بین این وقایع پیدا کنیم؟

در مورد نوآوری‌های نظری موجود در نوشته‌های نصیرالدین طوسی، قطب‌الدین شیرازی و ابن شاطر، که در سال‌های اخیر کارهایی درباره‌ی آن‌ها انجام داده‌ام،<sup>۱۲۳</sup> باید بگویم که آن نوآوری‌ها از

1. M. Schramm

۲. ابویوب سلیمان بن یحیی بن جیبرول شاعر یهودی، نویسنده و فیلسوف اسپانیایی و از بزرگان فلسفه یهودی که در سال ۴۱۲ق در مالاکا به دنیا آمد و در سن ۳۶ و یا ۳۷ سالگی در والنسیا درگذشت.

دلایل فلسفی و نه عملی برمی‌آمدند. این مباحث از دیدگاه ریاضی بسیار جالب توجهند زیرا هدفشان تقریب زدن خم‌های [مسیر سیارات] حاصل از نظریه بطلمیوسی منحصرأ با تکیه بر اصل حرکت دایره‌ای یکنواخت است.<sup>۱</sup> اما جدا از بعضی اصلاحات، مثل کاهش تغییرات ناپذیرفتی مقدار بطلمیوسی فاصله ماه، هدف اصلی‌شان آن است که نتایج بطلمیوسی را به بهترین وجه ممکن بازسازی کنند. برای این هدف دیگر نیازی به مراجعه دوباره به رصدهای جدید نبود. و این، حداقل درباره نظریه‌های ماه و عطارد، موضوع اصلی پژوهش‌های کوپرنیک هم بود.<sup>[۲۴]</sup>

### پیوست‌ها

1. Tycho Brahe, *Opera omnia*, ed. Dreyer, iv (Copenhagen, 1922), 422; see W. Hartner, "Tycho Brahe et Albumasar. La question de l'autorité scientifique au début de la recherche libre en astronomie", *La science au seizième siècle* (Paris, 1960), pp. 137-50; reprinted in W. Hartner, *Oriens-Occidens* (Hildesheim, 1968), pp. 496-507.
  2. "De cometa anni 1577", *Opera omnia*, iv, 387f.
  3. R. R. Newton, "The Authenticity of Ptolemy's Parallax Data, I & II", *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, xiv (1973), pp. 367-88, and xv (1974), pp. 9-29, and "The Authenticity of Ptolemy's Eclipse and Star Data", *ibid.*, xv (1974), pp. 107-21.
  4. B. Goldstein, "The Arabic Version of Ptolemy's Planetary Hypotheses", *Transactions of the American Philosophical Society*, n.s., lvii, no. 4 (1967), pp. 3-55.
  5. see W. Hartner, "Mediaeval Views on Cosmic Dimensions and Ptolemy's Kitāb al-Manshūrāt", *Mélanges Alexandre Koyré* (Paris, 1964), i, pp. 254-82; reprinted in *Oriens-Occidens* (ref. 1), pp. 319-48.
  6. القانون المسعودی، (چاپ حیدرآباد، 1955)، ج 2، ص 641.
  7. See E. S. Kennedy, *A commentary upon Bīrūnī's Kitāb Tahdīd al-Amākin* (Beirut, 1973), p. 266.
  8. "Mediaeval Views ..." (ref. 5), 268f (*Oriens-Occidens*, 333f).
  9. Cf. also O. Pedersen, *A survey of the Almagest* (Odense, 1974), p. 212.
  10. *Philosophical transactions*, xiv (1684), p. 724.
  11. کتاب تحدید نهایات الاماکن، تصحیح: پ. بولگاکف، (مصر، 1964)، ص ۱۱۳ به بعد [ترجمه فارسی احمد آرام، دانشگاه تهران، ۱۳۵۲، ص ۸۵-۸۷].
  12. See W. Hartner, "The Astronomical Instruments of Cha-ma-lu-ting, their Identification, and their Relations to the Instruments of the Observatory of Marāgha", *Isis*, xli (1950), 184-94; reprinted with concluding remarks in *Oriens-Occidens* (see ref. 1), pp. 215-26.
  - برای ترجمه فارسی این مقاله بنگرید به: ویلی هارتر، «شناسایی آلات نجومی جمالوتینگ و رابطه آن‌ها با ابزار رصدخانه مراغه»، ترجمه ناصر کنعانی، فرهنگ، زمستان ۱۳۸۱ و بهار ۱۳۸۲ - شماره ۴۴ و ۴۵، ص ۶۵-۱۱۶.
  13. برای توضیحات بیشتر بنگرید به:
  - Joseph Needham, *Science and civilization in China*, iii (Cambridge, 1959), 294ff, espec. 298f.
  14. خط سایه را می‌توان به راحتی تا دقت 1 میلی‌متر خواند. در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و با یک شاخص ۱۲ متری در نزدیکی انقلاب تابستانی یک دقیقه کمان مطابق خواهد بود با ۳/۵ میلی‌متر و در نزدیکی انقلاب زمستانی اندازه آن به ۱۱/۵ میلی‌متر می‌رسد.
  15. See A. Sayili's *The observatory in Islam* (Ankara, 1960).
  16. See W. Hartner and M. Schramm, "Al-Bīrūnī and the Theory of the Solar Apogee", *Scientific change*, ed. by A. C. Crombie (London, 1963), pp. 206-18.
  17. Caussin, "Le livre de la grande table Hakémite", in *Notices et extraits des manuscrits*, vii (Paris, an XII [1803/4]), pp. 16-240.
  18. Cf. A. Rome, "Les observations d'équinoxes de Ptolémée et le mouvement de l'apogée solaire", *Ciel et terre*, lix (1943), pp. 141-55; V. Petersen and O. Schmidt, "The Determination of the Longitude of the Apogee of the Orbit of the Sun according to Hipparchus and Ptolemy", *Centaurus*, xii (1967), pp. 73-96; and O. Pedersen, *A survey of the Almagest* (ref. 9), pp. 145-9.
  19. این روش در قرن پنجم میلادی در چین به کار می‌رفت، البته تنها برای یافتن روز اعتدال و انقلاب نه ساعتشان. بنگرید به:
  - H. Maspero, "Les instruments astronomiques des Chinois au temps des Han", *Mélanges Chinois et*
۱. برای آشنایی با نوآوری‌های طوسی، شیرازی و دیگران در مدل‌های سیاره‌ای بنگرید به: گمنی، امیرمحمد، دایره‌های مینایی: پژوهشی در تاریخ کیهان‌شناسی در تمدن اسلامی، نشر حکمت سینا: ۱۳۹۵. - م



*Bouddhiques*, vi (1939), p. 258.

20. *Al-Battānī Opus Astronomicum*, ed. C. A. Nallino, ii (Milan, 1907), 57f.

۲۱. به خاطر سادگی این محاسبات را با استفاده از *Almanaque Náutico 1954* (San Fernando (Cadiz), 1953) انجام داده‌ام.

در باره میزان دقت حلقه اعتدالی بطلمیوس و اندازه‌گیری‌های ارتفاعی با آن بنگرید به مقالات زیر که هر دو اطلاعات تجربی بسیار

مهمی را دربر می‌گیرند:

E. and M. Bruin, "The Equatorial Ring", *Al-Bīrūnī Newsletter*, no. 8 (Beirut, 1967); "Measurements in the Prime Meridian", *ibid.*, no. 6 (Beirut, 1967).

22. Caussin, *op. cit.* (ref. 17), 232ff.

23. W. Hartner, (1) "Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī's Lunar Theory", *Physis*, xi (1969), pp. 287-304; (2) "Trepidation and Planetary Theories. Common Features in Late Islamic and Early Renaissance Astronomy", *Accademia Nazionale dei Lincei, Fondazione Alessandro Volta, Atti dei Convegni 13* (Rome, 1971), pp. 609-29; (3) "Ptolemy, Azarquiel, Ibn al-Shātir, and Copernicus on Mercury. A Study of Parameters", *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, xxiv (1974), pp. 5-25; (4) "Ptolemy's and Copernicus' Mercury Models. An Accuracy Test", *ibid.*, pp. 367-69.

۲۴. در پایان به خواننده توصیه می‌شود که به مقاله برنارد گلدشتاین مراجعه کند. این مقاله علی‌رغم سادگی عنوانش درباره آن مسائلی

سخن می‌گوید که در مقاله حاضر بدان‌ها اشاره نشده است:

B. R. Goldstein's article on "Theory and Observation in Medieval Astronomy", *Isis*, lxiii (1972), pp. 39-47.

