journal for the History of Science
Print issn: 1735-0573 ● Online issn: 2717-1965
University of Tehran

An Observational History up to the 10th Century AD as Reflected in the *Great Hakimi Zij* and and Its Parallel Texts

Younes Karamati[1]

1. Institute for the History of Science, University of Tehran, E-mail: ykaramati@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 25 January 2026
Revised: 23 April 2026
Accepted: ?? April 2026
Published online: ?? April 2026

Keywords:
Ibn Yunus, Māhānī, the Amājūr family, the maximum obliquity (the obliquity of the ecliptic), geodetic measurements, eclipse, the Sun's mean motion, planetary conjunction, the second motion of the sphere of the fixed stars (precession of the equinoxes)

ABSTRACT

In 398-399 AH / 1008–1009 AD, the Egyptian astronomer Ibn Yunus compiled the *Great Hakimi Zij* based on his extensive and numerous observations from earlier astronomers. In response to contemporary critiques of his solo observations, he provided detailed accounts of his own and others' to demonstrate the multiple errors of the Mamunid *Mumtaḥan Zij*. This meticulous documentation distinguishes his work from other Zījes of the Islamic period. Some of these data—particularly regarding Māhānī, the Amājūr family, and Aḥmad al-Nahāvandī—constitute the only surviving records of these astronomers' observations. Ibn Yunus's reports also reveal the inaccuracy of claims that he had access to a fully equipped state observatory. His geodetic accounts differ in notable ways from other surviving records on the same subject. His precise planetary observations enabled the construction of highly accurate planetary tables. He also recorded unique measurements obtained by himself and other astronomers, including the Sun's mean motion, the rate of the second motion of the sphere of the fixed stars (i.e. precession), and the displacement of solar and planetary apogees. Based on these data, he identified significant errors in Ptolemy's equinoctial observations. Ibn Yunus's account of observers of the total obliquity (i.e. the obliquity of the ecliptic) may be regarded as the earliest noteworthy list of its kind. His detailed account of thirty eclipse observations—particularly his own—became a key source, from the mid-eighteenth century onward, for calculating the Moon's secular acceleration.

Throughout this study, observational reports by other scholars—especially those of Abu Rayhan al-Biruni—have been used as parallel sources to supplement or correct the accounts of the *Hakimi Zij*.

Cite this article: Karamati, Y. (2026). تاریخ رصدگری تا سدهٔ ۴ قمری به روایت زیج حاکمی کبیر و متون موازی آن. *Journal for the History of Science*. 23 (2), 163-198. (in Persian)

DOI: https://doi.org/10.22059/jihs.2026.410032.371873
© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press

تاریخ علم
شاپا الکترونیکی: ۱۹۶۵-۲۷۱۷ ● شاپا چاپی: ۱۷۳۵-۰۵۷۳

تاریخ رصدگری تا سدهٔ ۴ قمری به روایت زیج حاکمی کبیر و متون موازی آن

یونس کرامتی[۱]

۱. پژوهشکدهٔ تاریخ علم، دانشگاه تهران. رایانامه: ykaramati@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۰۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/؟؟
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۲/؟؟

کلیدواژه‌ها:
ابن یونس، ماهانی، خاندان اماجور، میل اعظم، زمین‌سنجی، گرفت، وسط الشمس، قران کواکب، حرکت ثانیهٔ فلک ستارگان

چکیده

در ۳۹۸-۳۹۹ ق / ۱۰۰۸-۱۰۰۹ م، ابن یونس مصری، زیج حاکمی کبیر را بر پایهٔ رصدهای درازدامن خود و رصدهایی پرشمار از پیشینیان فراهم آورد. او در واکنش به نقدهای معاصران بر رصدهای یک‌تنهٔ خود، جزئیاتی بسیار از رصدهای خود و دیگران را در اثبات اشکالات پرشمار زیج ممتحن مأمونی گواه آورد و همین یادکرد جزئیات، زیج او را از دیگر زیج‌های دورهٔ اسلامی متمایز ساخت. شماری از این داده‌ها، به‌ویژه دربارهٔ ماهانی، خاندان اماجور و احمد نهاوندی، یگانه منبع ما دربارهٔ رصدهای این رصدگران به شمار می‌آید. از گزارش‌های ابن یونس می‌توان به نادرستی داستان‌هایی دربارهٔ بهره‌مندی او از رصدخانه‌ای مجهز و دولتی بی‌گمان شد. گزارش وی دربارهٔ زمین‌سنجی با دیگر گزارش‌های بازمانده در این باره تفاوت‌هایی شایان درنگ دارد. رصدهای دقیق ابن یونس از سیارات، تنظیم جدول‌هایی بسیار دقیق برای کواکب را در پی داشت. او گزارش‌هایی گاه یگانه دربارهٔ مقادیر به دست آمده توسط خود و دیگر اخترشناسان برای وسط الشمس، سرعت حرکت ثانیهٔ فلک ثوابت و جابه‌جایی اوج کواکب آورده‌است. ابن یونس برپایهٔ همین داده‌ها به اشتباه چشم‌گیر بطلمیوس در رصد هنگام اعتدال‌ها پی برد. گزارش ابن یونس از رصدگران میل اعظم / کلّی (=میل دایرةالبروج) را می‌توان کهن‌ترین سیاههٔ شایان درنگ از این دست دانست. گزارش دقیق او از رصد ۳۰ گرفت (به‌ویژه رصدهای خود ابن یونس) از میانهٔ سدهٔ ۱۸ م در محاسبهٔ شتاب سدگانی ماه سخت به کار آمد.

در سراسر این جستار، برای تکمیل یا تصحیح گزارش‌های زیج حاکمی، گزارش‌های رصدی دانشوران دیگر، به‌ویژه ابوریحان بیرونی، به عنوان متون موازی، به‌کار رفته‌اند.

استناد: کرامتی، یونس (۱۴۰۴). تاریخ رصدگری تا سدهٔ ۴ قمری به روایت زیج حاکمی کبیر و متون موازی آن. تاریخ علم، ۲۳ (۲)، ۱۶۳-۱۹۸

DOI: https://doi.org/10.22059/jihs.2026.410032.371873

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران. © نویسندگان.

مقدمه

الزیج الحاکمی الکبیر[۱] (از این پس به اختصار زیج حاکمی)، پرآوازه‌ترین و درازدامن‌ترین نوشتهٔ ابوالحسن علی بن عبدالرحمان بن احمد بن یونس، اخترشناس و اخترشمار نامدار مصری، نامور به ابن یونس (درگذشتهٔ ۳ شوال ۳۹۹ ق / ۳۰ مه ۱۰۰۹ م) است که آن را اندکی پس از صفر ۳۹۸ ق / نوامبر ۱۰۰۷ م[۲]، به نام خلیفهٔ فاطمی مصر، الحاکم بامرالله (فرمانروایی: ۳۸۶–۴۱۱ ق) نوشته‌است.

این زیج، دارای مقدمه و ۸۱ باب بوده‌است که از آغاز تا پایان باب ۲۲ آن در دست‌نویس ۱۴۳ شرقی (۱۰۵۷ قدیم) کتابخانهٔ دانشگاه لایدن (تصویر ۱)، باب‌های ۲۱–۴۴ آن در دست‌نویس ۳۳۱ هانتیگتون کتابخانهٔ بادلیان آکسفورد (Nicoll, no. 297)، و گزیده و چکیده‌ای از این ۴۴ باب و نیز مطالبی از ۱۵ باب از ۳۷ باب دیگر (باب‌های ۴۶–۵۱، ۵۴–۵۷، و ۷۷–۸۱) در بخش دوم دست‌نویس ۲۴۹۶ عربی پاریس (گزیدهٔ زیج حاکمی، گ ۱۰ ر–۱۰۷ پ) در دست است.[۳] از ۲۲ باب دیگر (باب‌های ۴۵، ۵۲، ۵۳، و ۵۸–۷۶) نیز تنها عنوانشان به دست ما رسیده‌است.[۴]

ابن یونس پس از یادکرد مقدمه‌ای انتقادی آورده‌است که چون زیج ممتحن مأمونی (دستاورد رصدهای اخترشناسان دربار مأمون عباسی نامور به اصحاب ممتحن)، همچون رصدهای دانشوران پیشین، کهنه شده و خطاهایی بدان راه یافته بود؛ الحاکم وی را به «رصد دوبارهٔ کواکب سریع السیر و یکی از کواکب بطئی السیر» فرمان داد. او نیز پس از کوشش بسیار در استواری ساخت و درستی ابزارها و مدرج کردن آن‌ها، با یاری گرفتن از رصدهای یادشده در مجسطی (از بطلمیوس و پیشینیان او)، یحیی بن ابی منصور و همکارانش (= اصحاب ممتحن)، احمد و محمد بن موسی بن شاکر و ماهانی و خاندان اماجور، و البته به پشتوانهٔ رصدهای پرشمار خود (جدول ۱ و جدول ۲)، این زیج را فراهم آورده‌است (ابن یونس، گ ۵ ر–۵ پ: با تأکید ویژه بر رصد اجتماع کواکب / قران‌ها).

ابن یونس، افزون بر یادکرد مباحث استاندارد زیج‌های دورهٔ اسلامی در زیج حاکمی، با گزارش شماری چشم‌گیر از رصدهای خود و پیشینیانش، آن هم با جزئیات شایان درنگ، آن را از دیگر زیج‌های برجای ماندهٔ دورهٔ اسلامی متمایز کرده‌است (King, "Ibn Yūnus, ... 1976", 575،

---

۱. آوازهٔ این اثر به الزیج الکبیر الحاکمی درست نیست (نک: کرامتی، «الزیج الحاکمی الکبیر»).

۲. یعنی پس از آخرین رصد یاد شده در زیج حاکمی (نک جدول ۲، ردیف پایانی). دیوید کینگ، پژوهش‌گر نام‌دار آثار ابن یونس، از نخستین پژوهش خود دربارهٔ زیج حاکمی (King, *The Astronomical Works*, 2, 15، نیز: "Ibn Yūnus, ... 1976", 574) تا واپسین نوشته‌هایش دربارهٔ ابن یونس (King, "Ibn Yūnus, ... 2016", 2335)؛ همواره واپسین رصد او را در ۱۰۰۳ م / ۳۷۲ یزدگردی دانسته‌است (در بارهٔ سال ۳۷۲ یزدگردی نک همین جستار، ص ۱۹).

۳. با توجه به شیوهٔ کار گردآورندهٔ این دست‌نویس، نسبت این مطالب با متن اصلی (گزیده، چکیده یا متن کامل؟) روشن نیست.

۴. شماری از دست‌نویس‌های یادشده برای زیج حاکمی در سیاههٔ پرغلط رزنفلد و احسان اوغلو (Rosenfeld and İhsanoğlu, 107) مربوط به غایة الانتفاع (King, "Ibn Yūnus' Very Useful Tables", 347-348, 387-392) و دیگر آثار ابن یونس یا آثاری مرتبط با آثار ابن یونس است (نک: King, *The Astronomical Works*, x-xv).

500 ,"Aspects") و شگفتا که این ویژگی ــ که آوازهٔ بسیار نوشته و نویسنده را در دورهٔ نوزایی غرب در پی داشت ــ همگی در راستای نقد زیج ممتحن مأمونی و رصدگران آن است.[۵] بیشتر این گزارش‌ها در باب‌های ۲ (زمین‌سنجی)، ۴، ۵، ۸، و ۱۱ (محفوظ در دست‌نویس لایدن) و ۳۸ (محفوظ در دست‌نویس آکسفورد و نیز چکیدهٔ پاریس) آمده‌است.[۶]

۱. رصدگری یک‌تنه و گروهی و نقد اصحاب ممتحن

کهنگی به تنهایی می‌توانست نشانهٔ ناکارامدی هر زیج و بایستگی نگارش زیجی تازه انگاشته شود؛ اما نکوهش‌های ریز و درشت، پرشمار و گاه بسیار گزندهٔ ابن یونس از اصحاب ممتحن بسیار فراتر از این می‌نماید. از سخنان ابن یونس پیداست هم‌روزگارانش می‌کوشیده‌اند تا رصدهای یک‌تنهٔ او را با عباراتی چون «فلانی به تنهایی رصد کرده‌است و چگونه می‌توان دیدگاه یک گروه را با اعتماد به یک تن رها کرد»، بی‌اعتبار بنمایانند.[۷] ابن یونس (گ ۱ پ–۲ ر) رصدهای یک‌تنهٔ ارشمیدس[۸]، ابرخس، و بطلمیوس را بر شایستگی رصدهای یک‌تنه گواه گرفته و بدین سان خود را در شمار زبردست‌ترین دانشوران و چیره‌دست‌ترین استادان دانسته؛ و کوشیده‌است نشان دهد کار اصحاب ممتحن، نه در پیِ کهنگی، که از همان روزگار نزدیک به ایشان، آکنده از کم‌وکاست و نادرستی و ناهمگونی، و آماج نقد و دستمایهٔ ریشخند بوده‌است؛ بی‌آنکه این باهم بودن به کارشان آید (همان، گ ۲ ر–۳ ر).[۹]

ابن یونس سیاهه‌ای درازدامن از منتقدان اصحاب ممتحن فراهم آورده (برای تفصیل نک: کرامتی، «رصد»، ۱۲۴–۱۲۳) و پیداست که در درازدامنی این سیاهه سخت کوشیده. از جمله او در

---

۵. اخترشناسان دورهٔ اسلامی عموماً از یادکرد جزئیات فنّی رصد چشم می‌پوشیده‌اند و اگر هم می‌خواسته‌اند چنین کنند این جزئیات را نه در زیج‌ها که در آثاری دیگر یاد می‌کرده‌اند. برای نمونه ابوریحان بیرونی جزئیات رصدهای خود و پیشینیانش برای اندازه‌گیری میل اعظم را نه در زیج خود (القانون المسعودی) که در تحدید نهایات الاماکن آورده‌است (برای تفصیل نک: کرامتی، «اندازه‌گیری میل اعظم»، ۱۸۹–۱۸۰). محیی‌الدین مغربی، آن‌ها را نه در زیج‌هایش که در خلاصة المجسطی آورده‌است (Saliba, 338–339). ابن شاطر نیز شرح جزئیات رصدهایش را از نهایة السول و الزیج الجدید به تعلیق الارصاد خود ارجاع داده‌است (ابن شاطر، ۳۳، ۴۳، ۹۷؛ کوم ریشی، گ ۲ ر، ۴۹ پ) که امروزه نشانی از آن در دست نیست. به ویژه از سخن ابن شاطر (ص ۴۳) پیداست که تعلیق الارصاد او، همچون تحدید نهایات الاماکن و زیج حاکمی، دربردارندهٔ جزئیاتی از رصدهای پیشینیان او بوده‌است.

۶. در این جستار نیز دست‌نویس لایدن و چکیدهٔ پاریس در دسترس بوده‌اند.

۷. نقد بر رصدگری یک‌تنه، مشکلی بود که بیش از ۴ سده پس از آن نیز گریبان غیاث الدین جمشید کاشانی را گرفته بود. اما او سپرده شدن شماری از رصدهای پیشین به چند تن را پی‌آمد ناگزیر ناآگاهی کارفرمایان رصد (پادشاهان) از اخترشناسی می‌انگاشت که چاره‌ای جز این نداشته‌اند که کار را به چند تن بسپرند تا «هرگاه سخن همه موافق آید اعتماد بر آن کنند». اما کاشانی کار فرمای خود، الغ بیگ، را اخترشناس و «صاحب رصد» و بی‌نیاز از سپردن کار به چند تن می‌دانست (کاشانی، «نامهٔ دوم»، سطر ۴۷–۴۹؛ نیز نک: کرامتی، کاشانی‌شناخت، ۶۵–۶۶).

۸. در منابع دیگر از رصدگری ارشمیدس سخنی به میان نیامده‌است.

۹. به نظر ابن یونس، «اگرچه منجمان خلیفه مأمون چند تن بودند، اما این امر مانع دیگرگونی نتایج رصدهایشان در بغداد و دمشق نشد» (گ ۲ ر) و حتی در همین کارِ جمعی نیز همهٔ رصدگران در کار ساخت ابزار دست نداشته‌اند و ربع به‌کار رفته برای رصدهای ممتحن دمشق را علی بن عیسی اسطرلابی به تنهایی ساخته بود (همان، گ ۳ ر).

این سیاهه از اخترشناسی به نام «علی بن اسحاق بن کیسون [؟]» یادکرده‌است (ابن یونس، گ ۲ ر) که به گمان نزدیک به درست باید همان باشد که بیرونی (فهرست، ۳۱) اثر امروزه گم‌شدهٔ کتاب فی امر الممتحن و تبصیر ابن کیسوم المفتتن را ــ هم‌چنان که از عنوانش پیداست ــ در ناروایی شماری از انتقادهای او بر اصحاب ممتحن نوشت.[۱۰]

ابن یونس در باب ششم زیج حاکمی، پارامترهای این زیج و زیج ممتحن مأمونی را با هم مقایسه کرده‌است. پژوهشگران برپایهٔ همین گزارش و دیگر اشارات ابن یونس توانسته‌اند شماری از بخش‌های اصیل دست‌نویس ۹۲۷ کتابخانهٔ اسکوریال، موسوم به الزیج المأمونی الممتحن (و از جمله جدول پارامترهای سیاره‌ای) را شناسایی کنند.

۲. رصدگاه و ابزارهای رصد ابن یونس

پژوهشگران اروپایی، از هنگام انتشار کتابخانهٔ شرقی اربلو (Herbelot, 934؛ ترجمهٔ مقدمهٔ زیج ایلخانی از روی گزارش حاجی خلیفه، ۵۶۱/۳-۵۶۲) در ۱۶۹۷ م و به‌ویژه از ۱۸۰۴ م و به پیروی از کوسن دو پرسوال (Caussin de Perceval, 17, 19-20) تا میانهٔ سدهٔ ۲۰ م، بر این باور بوده‌اند که رصدهای ابن یونس در رصدخانه‌ای مجهز و ساخته شده به فرمان الحاکم انجام شده‌است.[۱۱] آیدین ساییلی[۱۲] پس از گردآوری سیاهه‌ای از این پژوهشگران، مهم‌ترین دلیل این گمان را برداشت نادرست خاورشناسان از واژهٔ رصد دانسته که در منابع عربی و فارسی با عبارت‌هایی یکسان برای هر دو مقصودِ «ساختن رصدخانه» و «انجام رصد نجومی» به‌کار می‌رفته‌است (Sayılı, 130-141). ساییلی با آگاهی از رصدهای ابن یونس در جای‌های گوناگون بر آن است که چه‌بسا او رصدخانه‌ای شخصی و کمابیش بهره‌مند از پشتیبانی العزیز و الحاکم داشته‌است (ibid., 148-153).

ابن یونس یک خورشیدگرفت و سه ماه‌گرفت (جدول ۱ ردیف‌های ۱۵، ۲۰، ۲۱، ۲۵) را از مسجد ابوجعفر احمد بن نصر مغربی در منطقهٔ قرافهٔ قاهره[۱۳] در حضور چندین یا دست‌کم چند همراه و گواه رصد کرد. او عرض جغرافیایی فسطاط (در آن هنگام چسبیده به قاهره و امروزه بخش کهن آن) را دو بار از بام خانهٔ پدر پدربزرگش یونس بن عبدالاعلی ــ چندان که پیداست ــ به تنهایی با اسطرلابی ساختهٔ حامد بن علی واسطی (به گواهی ابن یونس، گ ۲ ر: اسطرلاب سازی نامدار) رصد کرد و آن را ۳۰;°° یافت در حالی که پیش از آن روزگاری دراز ۲۹;°° انگاشته می‌شد. سپس ــ چون اخترشناسی به نام ابوالفرج احمد بن علی بن حسن منجم نامور به ابن طحان، به دلیلی شایستهٔ اعتنا در این نتیجه

۱۰. ابن یونس پس از نقد روش‌های ریاضی حبش حاسب، نیریزی و بتانی افزوده‌است که هدفش از برشمردن این اشکالات، یافتن اغلاط متقدمان نیست، بلکه می‌خواهد ــ که اگر اختلافی بود ــ بدانند که علت چیست و کدام درست است (ابن یونس، گ ۳ پ).

۱۱. داستان‌های پر آب و تاب دربارهٔ پشتیبانی فاطمیان از ابن یونس کم نیست (برای نمونه نک: Hankel, 244).

12. Aydın Sayılı. (نام او را بیشتر به صورت صائیلی می‌نویسند اما ضبط متن درست‌تر می‌نماید)

۱۳. زینر (Zinner, 286) این مسجد را با مسجدهایی که نزدیک به ۱۲۰ سال پس از مرگ ابن یونس و در روزگار رصدهای مأمون بطائحی به «مسجد رصد» آوازه یافتند اشتباه گرفته‌است(دربارهٔ این مسجدها نک: مقریزی، ۳۳۲/۴-۳۳۳).

تردید کرد ــ ابن یونس بر آن شد تا در حضور او رصد را تکرار کند و این بار این دو و اخترشناسی دیگر به نام ابوالحسن محمد بن عبدالوارث نامور به ابن لبانی از بام مسجد کهن (جامع عتیق) فسطاط به رصد پرداختند (همان، گ ۱۲۲ ر، ۱۲۲ پ). ابن یونس در گزارش دیگر رصدهایش، از رصدگاه یا همراهی / همکاری دیگران چیزی نگفته‌است؛ مگر رصد قران ۲۸ در جدول ۲ که ابن یونس گوید کار فردی مورد اعتماد او (بی یادکرد نام) بوده و ابن یونس در آن هنگام در کار رصد قران ۲۹ بوده و آن ناشناس را همراهی نمی‌کرده‌است؛ از این‌ها می‌توان دریافت ابن یونس بیشتر در رصدگاهی خصوصی رصد می‌کرده و تنها هنگام نیاز به حضور گواهان[۱۴] در جایی همگانی به رصد پرداخته‌است.

سایبلی (Sayılı, 136, 151-152؛ و به پیروی از او: King, *The Astronomical Works*, "Aspects", 507 ،6) گزارش مسبّحی (تاریخ‌نگار هم‌روزگار ابن یونس) به نقل از ابوالحسن منجم طبرانی را گواه بر رصدهای ابن یونس از کوه مقطم (مشرف بر قاهره) دانسته‌است؛ اما این گزارش، یکی از داستان‌های رفتارهای شگفت منتسب به ابن یونس است که برپایهٔ آن، او پس از دمیدن زهره، ردا و دستار بر زمین نهاد و ردایی زنانه و روبند، هر دو سرخ، پوشید و عودی بیرون آورد و بزد» (نک: ابن خلکان، ۴۳۰/۳؛ نیز به نقل از او: ذهبی، تاریخ الاسلام، ۸۰۴/۸، همو، سیر، ۱۱۰/۱۷؛ صفدی، ۲۲۶/۲۱). این‌ها بازتابی از ویژگی‌های زهره در متون کهن (زنانگی، رنگ سرخ و خنیاگر سپهر) است.

در یادداشت زیرِ عنوان دست‌نویس لایدن (تصویر ۱، به گواهی یادداشت بالای عنوان، به خط ابن ابی الفتح صوفی، منجم مصری سدهٔ ۹-۱۰ ق)، از انجام رصدهای ابن یونس در منطقهٔ برکة الحبش (مشرف بر منطقهٔ قرافه) و آوازهٔ این منطقه به «رصدهای ابن یونس» سخن رفته‌است که در منابع دیگر نیامده و چه بسا پیامد خلط رصدهای ابن یونس با رصدهای روزگار مأمون بطائحی (مقریزی، ۲۳۶/۱؛ برای تفصیل نک کرامتی، «رصد»، ۱۲۵-۱۲۴) باشد؛ چندان که ابن ایاس ((۱)۱۷۲/۱) به رواج انتساب نادرست ساخت «مسجد رصد» مشرف بر برکة الحبش به الحاکم اشاره کرده‌است.

ابن یونس به رغم بارها یادکرد مباحثی نظری دربارهٔ دقت ابزار و ملاحظات ساخت و کار با آن‌ها (برای نمونه نک: گ ۵ ر، ۵ پ، ۴۱ ر، ۱۱۲ پ-۱۱۳ ر، ۱۲۰ پ-۱۲۱ پ، ۱۳۰ پ)، و اشارات پراکنده به ابزارهای دیگر رصدگران و به‌ویژه دقت آن ابزارها (همان، گ ۳ ر، ۵۳ ر، ۱۱۲ ر-۱۱۲ پ) در گزارش رصدهای خود کمتر به این گونه جزئیات پرداخته‌است. او تنها یک بار (همان، گ ۱۱۳ ر) از به‌کارگیری «ابزارهای خلیفه العزیز» در اندازه‌گیری عرض قاهره یاد کرده (نک جدول ۷، ردیف پایانی) و در دو رصد عرض فسطاط نیز ابزارش اسطرلابی ساختهٔ حامد بن علی واسطی و یک شاخص با صفحهٔ زیرین آن بوده‌است و در رصد سوم عرض فسطاط نیز ابن یونس ساعتی پیش از رصد، بر آن شد تا شاخصی را که ابن لبانی همراه آورده بود بیازماید و چون آن را عمود بر قاعده‌اش نیافت، اشکالش را با سوهان رفع کرد (همان، گ ۱۲۲ پ). اما مهم‌ترین نکته در ادامهٔ گزارش همین رصد آمده‌است:

۱۴. برای رفع شبههٔ کسانی که رصدگری یک‌تنهٔ او را برنمی‌تابیدند.

> این [اندازه‌گیری] پیش از اندازه‌گیری با ابزارهای ... الحاکم ... بود که بزرگ‌تر و استوارتر ساخته شده‌اند و بر روی آن یک دقیقهٔ کمانی و کمتر از آن نیز آشکار می‌شود و این در توان ابزارهای پیش‌گفته نبود و من آنچه را که با این ابزار «به‌دست آمده‌است، خواهم گفت»[۱۵].

اما کاربرد فعل مجهول و نبود اشاره‌ای به بهره‌گیری خود ابن یونس از آن را شاید بتوان نشانهٔ بی‌بهرگی او از آن شمرد. ساییلی به این نکتهٔ مهم دست نیافته و کینگ نیز به رغم ترجمهٔ نیمهٔ نخست عبارت، اهمیت آن را گوشزد نکرده و به یادکرد چکیدهٔ دیدگاه ساییلی (King, *The Astronomical Works*, 102, ibid., 6-7؛ قس: "Aspects", 507-508) بسنده کرده‌است.

به طور خلاصه ابن یونس گزارش‌های خود از به‌کارگیری ابزارهای بزرگ‌مقیاس ــ که معمولاً در رصدخانه‌ها نصب می‌شوند ــ یادنکرده و همواره از ابزارهای قابل جابه‌جایی سخن گفته‌است.

در منابع دیگر نیز اشاره‌ای روشن به ابزارهای ابن یونس نیامده‌است. ابن حمّاد (ص ۵۰) پس از یادکرد «الزنطجا (درست: الزیج؟) الحاکمی المعروف» که برای الحاکم رصد شد (اگر واژهٔ ناشناخته را همان الزیج انگاریم) آورده‌است که یکی از هم‌روزگاران کهنسالش «در مصر ابزاری دید که بدان رصد می‌شد» و آن را ابزاری مسین همچون اسطرلاب (آلة من نحاس علی هیئة الاسطرلاب) دانسته و سپس چیزهایی نامعمول و نه‌چندان قابل فهم دربارهٔ آن گفته‌است. سلطان بحری مصر و یمن، اشرف صلاح الدین خلیل (حک ۶۸۹-۶۹۳ ق / ۱۲۹۰-۱۲۹۳ م) نیز در رسالهٔ خود دربارهٔ اسطرلاب و ساعت آفتابی آورده‌است که الحاکم ذات الحلقی ۹ حلقه‌ای داشت که هر حلقه ۲۰۰۰ رطل وزن داشت و چندان بزرگ بود که مردی با اسب می‌توانست از میان آن بگذرد (King, *Mathematical Astronomy ... Survey*, 28-29). گذشته از آن که هیچ یک از این دو به روشنی این ابزارها را به رصدهای ابن یونس در زیج حاکمی مربوط ندانسته‌اند، چه بسا ابزار بزرگ دوم، با ذات الحلقی به قطر ۵ ذراع که در روزگار الآمر باحکام الله فاطمی و به فرمان مأمون بطائحی ساخته شد (مقریزی، ۲۳۹/۱؛ نیز نک: ابن زنبل منجم محلّی، گ ۱۰۵ پ-۱۰۶ ر؛ برای تفصیل نک کرامتی، «رصد»، ۱۲۵-۱۲۴) اشتباه گرفته شده باشد (نیز نک: King, "Ibn Yūnus, ... 1976", 575).

سرانجام باید گفت؛ به رغم پیش‌کش زیج حاکمی به الحاکم، گویا بهرهٔ ابن یونس از پشتیبانی فرمانروایان فاطمی، به‌ویژه الحاکم، چندان که باید و گویند، نبوده و به‌ویژه باید گفت که آنان رصدخانه‌ای برای ابن یونس فراهم نکرده بودند. الحاکم چند سال پس از مرگ ابن یونس و در ۴۰۳ ق فرمان داد تا رصدخانه‌ای بسازند که البته به پایان نرسید (نویری، ۱۲۰/۲۸؛ قس: عمادالدین کاتب اصفهانی، ۲۷۸: اشاره به ساخت رصدخانه در ۴۰۸ ق؛ ابن دواداری، ۳۰۸/۶: سخنی مبنی بر وجود رصدخانه‌ای گویا ویژه الحاکم دست‌کم در سال مرگش در ۴۱۱ ق).

---

۱۵. در دست‌نویس لایدن نشانی از عمل به این وعده به چشم نیامد.

تصویر ۱- صحفهٔ عنوان دست‌نویس Or. 143 کتابخانهٔ دانشگاه لایدن

یادداشت درون مستطیل دربارهٔ ابن یونس، به گواهی یادداشت بالای عنوان، گویا به خط ابن ابی الفتح صوفی (منجم مصری سدهٔ ۹-۱۰ ق) باشد. تقی الدین راصد نام خود «تقی الدین معروف» را بر کنارهٔ راست همچون طغرا نوشته‌است.

۳. گزارش زمین‌سنجی

ابن یونس در باب نخست زیج حاکمی به تفصیل دربارهٔ روش اندازه‌گیری اختلاف طول میان دو شهر با رصد هم‌زمان ماه‌گرفت از آن دو (ابن یونس، گ ۴۱ ر-۴۱ پ؛ برای ترجمهٔ انگلیسی (به واسطهٔ ترجمهٔ آلمانی) نک: Schoy, 265-267) و سپس دربارهٔ دو گزارش پیمایش یک درجه از نصف النهار در روزگار مأمون عباسی و سرانجام دربارهٔ شیوهٔ درست این کار بنا بر نظر خود (ابن یونس، گ ۴۱ پ-۴۲ پ؛ Caussin de Perceval, 78, 80: ترجمهٔ فرانسوی؛ نالّینو، ۲۸۱-۲۸۴: متن عربی؛ Barani, 8-11: متن عربی و ترجمهٔ انگلیسی؛ Mercier, "Geodesy", 80: ترجمهٔ انگلیسی؛ King, "Too Many Cooks", 210-214: ترجمه و شرح انگلیسی) و اندازهٔ واحد ذرع / ذراع سخن گفته‌است. این گزارش کهن‌ترین منبع واسطه میان منابع اصلی و پژوهشگران معاصر است.

دو گزارش زمین‌سنجی چنین است: ۱. بر پایهٔ گزارش سند بن علی، دو گروه هم‌زمان به این کار پرداختند. سند و خالد بن عبدالملک در جایی میان «وامه؟»(رقه؟؛ یا به گمان نالینو، چه بسا: روستای واسط رقّه) و تدمر و علی بن عیسی اسطرلابی و علی بن بحتری در جایی دیگر یک درجه را ۵۷ میل یافتند. ۲. به گزارش حبش حاسب در رساله دربارهٔ رصدهای ممتحن دمشق، در بیابان سنجار یک درجه را $۵۶\frac{۱}{۴}$ میل (و هر میل ۴۰۰۰ ذراع سودا) یافتند.[۱۶]

روایت دوم، برگرفته از اثری گم‌شده از حبش حاسب، با دیگر گزارش همو (در الاجرام و الابعاد، ۱۱۵؛ نیز نک: Langermann, 109-111, 122-123؛ King, "Too Many Cooks", 219) ناسازگار است. حبش در الاجرام، کمابیش همان سخنِ سند را، اما با نتیجهٔ ۵۶ میل و در بیابان سنجار آورده‌است (نیز نک: مسعودی، ۱/۱۰۰-۱۰۱: با تصحیف حبش به حسین؛ نیز نک: ابوعبید بکری، ۱۷۹/۱؛ قس: سراج، گ ۷۱ پ-۷۲ ر). بیرونی (در تحدید، ۲۱۳-۲۱۵، و نیز القانون، ۵۶۷) افزون بر گزارش حبش، از $۵۶\frac{۲}{۳}$ ، و (در التطریق، ۸۴؛ نیز نک: Rezvani, 273-276) از «به دست آمدن $۵۶\frac{۱}{۳}$ و ۵۷ میل و به‌کارگیری میانگین این دو یعنی $۵۶\frac{۲}{۳}$ » نیز سخن گفته‌است (قس همو، التفهیم فارسی، ۱۶۰-۱۶۳، همو، التفهیم عربی ۵۶۶۵ برلین، گ ۳۴ پ؛ برای تفصیل نک: کرامتی، «نگاه دانشوران کهن»، ۲۳۳-۲۲۷).

همچنین گفته‌اند در روزگاران کهن با پیمایش میان رقّه و تدمر به $۶۶\frac{۲}{۳}$ میل رسیدند (بیرونی، تحدید، ۲۱۱). انتساب این روایت به روزگار مأمون، به نظر رجب (Ragep, 504-505) ریشه در

۱۶. گزارش نادرست هارتنر (Hartner, 148-152) دربارهٔ بهره‌گیری ابن یونس از ۶۶٫۵ میل برای یک درجه در زیج حاکمی، پی آمد اشتباه شگفت اوست (King, "Willy Hartner", 217-218).

حرکة الفلک [الاولی] محمد بن موسی بن شاکر دارد (نیز نک: علی بن ربن طبری، ۵۴۷: با نادرستی شگفت در اندازه‌ها و محاسبه؛ مسعودی، ۱۰۴/۱: همان گزارش علی بن ربن). نصیرالدین (التذکرة، ۳۱۱، ۳۱۳؛ به پیروی از او کاشانی، سلّم السماء، ۳۰؛ قس: ابن شاطر، ۱۰۴؛ قطب‌الدین شیرازی، اختیارات، ۶۰۶، همو، التحفة الشاهیة، گ ۱۳۹ ر؛ خفری، گ ۲۴۳ پ-۲۴۴ ر؛ قس: قطب‌الدین شیرازی، نهایة ۷۴۸۲ بریتانیا، گ ۱۳۳ پ: دو روایت ۵۶ و ۵۶ و دوسوم) چه بسا با توجه به همین رساله و به‌رغم بهره‌گیری از زیج حاکمی، از به دست آمدن مقدار $\frac{۲}{۳}$۶۶ در روزگار مأمون سخن گفته و ابن خلکان گویا با آمیختن این داستان و روایت حبش، آن را کار خود بنوموسی دانسته‌است (۱۶۲/۵-۱۶۳؛ نیز نک: صفدی، ۸۴/۵-۸۵؛ یافعی، ۲۴۲/۲؛ ابن عماد حنبلی، ۱۹۴/۴-۱۹۵؛ نیز نک: اصلاح این سخن توسط ابوالفدا، ۴۹/۲؛ ابن الوردی، ۲۲۷/۱؛ برای تفصیل و مقایسهٔ روایت‌ها نک: کرامتی، «زمین‌سنجی»، سراسر مقاله).[۱۷]

۴. رصد گرفت‌ها

ابن یونس در باب‌های ۴ و ۵، رصد ۱۰ خورشیدگرفت و ۲۰ ماه‌گرفت را گزارش کرده‌است. ۱۴ رصد گزارش شده از پیشینیان ابن یونس، یگانه گزارش شناخته شده از این رصدها به شمار می‌رود. آثار نجومی ماهانی و خاندان اماجور از میان رفته‌اند و رصدهای حبش نیز در آثار موجود او نیامده‌است.

گزارش ۳ رصد نخست ابن یونس (جدول ۱، ردیف‌های ۱۵ تا ۱۷) تنها قطعه از دست‌نویس لایدن بود که یاکوبوس گولیوس[۱۸] (۱۵۹۶-۱۶۶۷ م) در اختیار دیگران قرار داده بود. این قطعه، از ۱۷۴۹ م، مهم‌ترین مأخذ اروپائیان برای محاسبهٔ شتاب سَدِگانی ماه[۱۹] بود. در ۱۸۷۸ م نیوکام (Newcomb, 44-54) با کنار گذاشتن ۵ رصد جدول ۱ (متمایز شده با نشان *)، از بقیه در محاسبهٔ شتاب سدگانی بهره برد. بهرهٔ رابرت نیوتن از این گزارش‌ها در ۱۹۷۰ م (Newton, *Ancient Astronomical Observations*, 25-34, 145-156, 164-174) همراه با سهل‌انگاری (به‌ویژه در به دست آوردن روز و لحظهٔ دقیق رصد و یادکرد نام رصدگران) و پی‌آمد ناآگاهی او از گاه‌شماری یزدگردی بود.[۲۰] رصدهای یاشده در جدول ۱ در پژوهش‌های استیونسن[۲۱] و همکارانش دربارهٔ داده‌های رصدی کهن جایگاهی ویژه دارد (برای تفصیل نک: کرامتی، «جایگاه زیج حاکمی کبیر»، ۳۰۳، ۳۰۵، ۳۰۷-۳۱۰).

---

۱۷. مرسیه (Mercier, "Geodesy", 178-180؛ و به پیروی از او: King, "Too Many Cooks", 229)، به رغم همهٔ این گزارش‌ها، در انجام این اندازه‌گیری در روزگار مأمون تردید کرده‌است.

18. Jacobus Golius / Jacob van Gool

19. Secular Acceleration of the Moon

۲۰. نیوتن در اثر بعدی خود به این ناآگاهی (که کار با زیج‌های دورهٔ اسلامی را عملاً ناممکن می‌سازد) اعتراف (Newton, *Ancient Planetary Observations*, 254) و بیشتر رصدهای یادشده در زیج حاکمی را با تفصیل بیشتر بررسی کرده‌است (ibid., 246-277, 297-312, 495-499, 721-723) که البته باز هم بی‌اشکال نیست.

21. Francis Richard Stephenson

جدول ۱- رصدهای گرفت، یادشده در باب‌های ۴ و ۵ زیج حاکمی

ردیف	رصدگر	ر	رصدگاه	گرفت	اپلتسر	ناسا	قمری	یزدگردی	میلادی	JDN
۱. *	حبش	۱	بغداد	ماه	۳۱۴۹	۶۸۲۷	۲۱۴۰۴۱۳	۱۹۸۰۲۲۴	۸۲۹۰۶۲۰	۲۰۲۴۰۲۱
۲.		۲		خورشید	۴۸۵۸	۶۷۴۲	۲۱۴۰۹۲۹	۱۹۸۰۸۰۷	۸۲۹۱۱۳۰	۲۰۲۴۱۸۴
۳. *	ماهانی	۱	سامرا (یا بغداد)	ماه	۳۱۸۶	۶۸۸۲	۲۳۹۰۹۱۵	۲۲۲۱۰۲۶	۸۵۴۰۲۱۷	۲۰۳۳۰۲۹
۴.		۲		ماه	۳۱۸۷	۶۸۸۳	۲۴۰۰۳۱۳	۲۲۳۰۴۲۲	۸۵۴۰۸۱۲	۲۰۳۳۲۰۵
۵.		۳		ماه	۳۱۸۸	۶۸۸۸	۲۴۲۰۲۱۴	۲۲۵۰۳۰۲	۸۵۶۰۶۲۲	۲۰۳۳۸۸۵
۶. *		۴		خورشید	۴۹۳۹	۶۸۲۲	۲۵۲۰۵۲۸	۲۳۵۰۲۲۹	۸۶۶۰۶۱۶	۲۰۳۷۵۳۱
۷. *		۵		ماه	۳۲۰۴	۶۹۱۲	۲۵۲۱۱۱۴	۲۳۵۰۸۱۱	۸۶۶۱۱۲۶	۲۰۳۷۶۹۴
۸.	خاندان اماجور	۱	بغداد	ماه	۳۲۹۴	۷۰۴۰	۳۱۱۰۲۱۲	۲۹۲۰۲۲۸	۹۲۳۰۶۰۱	۲۰۵۸۳۳۵
۹.		۲		خورشید	۵۰۶۷	۶۹۵۰	۳۱۱۰۷۲۸	۲۹۲۰۸۱۱	۹۲۳۱۱۱۱	۲۰۵۸۴۹۸
۱۰.		۳		ماه	۳۲۹۵	۷۰۴۵	۳۱۳۰۱۱۴	۲۹۴۰۱۰۸	۹۲۵۰۴۱۱	۲۰۵۹۰۱۵
۱۱.		۴		ماه	۳۲۹۹	۷۰۵۰	۳۱۵۰۷۱۴	۲۹۶۰۶۱۳	۹۲۷۰۹۱۴	۲۰۵۹۹۰۱
۱۲.		۵		خورشید	۵۰۷۷	۶۹۶۰	۳۱۶۰۶۲۷	۲۹۷۰۵۱۸	۹۲۸۰۸۱۸	۲۰۶۰۲۴۰
۱۳.		۶		ماه	۳۳۰۱	۷۰۵۳	۳۱۶۱۲۱۳	۲۹۷۱۰۲۶	۹۲۹۰۱۲۸	۲۰۶۰۴۰۳
۱۴.		۷		ماه	۳۳۰۹	۷۰۶۴	۳۲۱۱۱۱۴	۳۰۲۰۸۰۸	۹۳۳۱۱۰۵	۲۰۶۲۱۴۵
۱۵.	ابن یونس	۱	قاهره	خورشید	۵۱۸۹	۷۰۷۲	۳۶۷۰۴۲۸	۳۴۶۰۹۲۲	۹۷۷۱۲۱۳	۲۰۷۸۲۵۴
۱۶.		۲		خورشید	۵۱۹۰	۷۰۷۳	۳۶۷۱۰۲۹	۳۴۷۰۳۱۹	۹۷۸۰۶۰۸	۲۰۷۸۴۳۱
۱۷.		۳		ماه	۳۳۷۵	۷۱۶۸	۳۶۸۱۰۱۴	۳۴۸۰۲۲۴	۹۷۹۰۵۱۴	۲۰۷۸۷۷۱
۱۸.		۴		خورشید	۵۱۹۲	۷۰۷۵	۳۶۸۱۰۲۸	۳۴۸۰۳۰۸	۹۷۹۰۵۲۸	۲۰۷۸۷۸۵
۱۹.		۵		ماه	۳۳۷۶	۷۱۶۹	۳۶۹۰۴۱۲	۳۴۸۰۸۲۰	۹۷۹۱۱۰۶	۲۰۷۸۹۴۷
۲۰.		۶		ماه	۳۳۷۷	۷۱۷۰	۳۶۹۱۰۱۵	۳۴۹۰۲۱۴	۹۸۰۰۵۰۳	۲۰۷۹۱۲۶
۲۱.		۷		ماه	۳۳۷۹	۷۱۷۲	۳۷۰۱۰۱۵	۳۵۰۰۲۰۳	۹۸۱۰۴۲۲	۲۰۷۹۴۸۰
۲۲.		۸		ماه	۳۳۸۰	۷۱۷۳	۳۷۱۰۴۱۴	۳۵۰۰۷۳۰	۹۸۱۱۰۱۶	۲۰۷۹۶۵۷
۲۳.		۹		ماه	۳۳۸۱	۷۱۷۶	۳۷۲۰۹۱۵	۳۵۱۱۲۱۲	۹۸۳۰۳۰۲	۲۰۸۰۱۵۹
۲۴.		۱۰		خورشید	۵۲۰۷	۷۰۹۰	۳۷۵۰۲۲۹	۳۵۴۰۵۰۳	۹۸۵۰۷۲۰	۲۰۸۱۰۳۰
۲۵.		۱۱		ماه	۳۳۸۸	۷۱۸۴	۳۷۶۰۸۱۴	۳۵۵۰۹۳۰	۹۸۶۱۲۱۹	۲۰۸۱۵۴۷
۲۶.		۱۲		ماه	۳۳۹۳	۷۱۹۳	۳۸۰۰۱۱۴	۳۵۹۰۱۲۵	۹۹۰۰۴۱۲	۲۰۸۲۷۵۷
۲۷.		۱۳		خورشید	۵۲۲۶	۷۱۰۹	۳۸۳۰۶۲۹	۳۶۲۰۶۰۶	۹۹۳۰۸۲۰	۲۰۸۳۹۸۳
۲۸. *		۱۴		ماه	۳۴۱۰	۷۲۲۱	۳۹۱۱۰۱۴	۳۷۰۰۶۲۴	۱۰۰۱۰۹۰۵	۲۰۸۶۹۲۱
۲۹.		۱۵		ماه	۳۴۱۱	۷۲۲۲	۳۹۲۰۴۱۵	۳۷۰۱۲۱۷	۱۰۰۲۰۳۰۲	۲۰۸۷۰۹۹
۳۰.		۱۶		خورشید	۵۲۵۰	۷۱۳۳	۳۹۴۰۳۲۹	۳۷۲۱۱۱۰	۱۰۰۴۰۱۲۴	۲۰۸۷۷۹۲

۱. داده‌ها بر پایهٔ گزارش ابن یونس (گ ۴۸ ر: حبش، ۴۸ ر–۴۹ ر: ماهانی، ۵۱ ر–۵۲ ر: خاندان اماجور، ۵۶ ر–۵۷ پ: ابن یونس) فراهم و نادرستی‌های دست‌نویس با توجه به محاسبات اپلتسر (Oppolzer, 196-199, 204-205, 208-211, 356-359) و ناسا (Espenak and Meeus, *Five Millennium Catalog of Solar Eclipses*, 115, 116, 118, 120, 121، *Five Millennium Canon of Solar Eclipses*, 338, 342, 348, 354-357، *Five Millennium Catalog of Lunar Eclipses*, 114-116, 118, 120, 121، *Five Millennium Canon of Lunar Eclipses*, 342, 345, 346, 352, 353, 359, 360, 362) درست شده‌است.

۲. ابن یونس همواره (مگر ردیف‌های ۱۵ و ۱۹ این جدول و اندک نمونه‌هایی دیگر) از گاه‌شماری هجری قمری قراردادی نجومی بهره برده که همواره یک روز از آنچه از جدول‌های تقویم تطبیقی ووستنفلد و ماهلر به دست می‌آید پیش‌تر است (برای نمونه در ردیف ۱۶: ۲۹ شوال به جای ۲۸ شوال).

۳. هنگام یادکرد تاریخ‌های قمری، همچون بیشتر اخترشناسان و از جمله ابن یونس و ماهانی، و برخلاف سنت عربی، از غروب تا نیمه‌شب (بخش نخست شبانه‌روز عربی) ادامهٔ همان شبانه‌روز (نجومی) انگاشته شده‌است.

۴. ماهانی مطابق سنت کهن ایرانی، شبانه‌روز یزدگردی را از طلوع خورشید تا طلوع بعدی دانسته‌است اما بیشتر اخترشناسان (از جمله ابن یونس) آغاز شبانه‌روز یزدگردی را نیز مانند شبانه‌روز نجومی از نیمه‌شب می‌گرفتند؛ در نتیجه ماهانی از نیمه‌شب تا طلوع خورشید را ادامهٔ شبانه‌روز پیشین شمرده و تاریخ یزدگردی را برای این ساعت‌ها یک‌روز زودتر از شیوهٔ مرسوم میان اخترشناسان آورده‌است(ردیف ۵: ۲ خرداد به جای ۳ خرداد، و ردیف ۷: ۱۱ آبان به‌جای ۱۲ آبان).

۵. رصدگاه ماهانی، مگر در مورد رصد انقلابین در سامرا (جدول ۷ ردیف ۳)، ناگفته است. در این سال‌ها مرکز خلافت به سامرا منتقل شده بود و بسیاری از اخترشناسان نیز گاه در این شهر و گاه در بغداد رصد می‌کردند (از جمله: بنوموسی، نک جدول ۷ ردیف ۴ و ۳۵). از این رو چه بسا بیشتر رصدهای ماهانی نیز در سامرا بوده باشد.

*. نیوکام (ص Newcomb, 44-54) این ۵ رصد، را در محاسبهٔ شتاب سدگانی ماه به کار نبرده‌است.

۵. رصد سیارات

به گزارش ابن یونس، خاندان اماجور از محرم ۳۰۶ ق / ژوئن ۹۱۸ م تا رجب همان سال، مشتری، مریخ، ماه، زهره، عطارد را رصد کردند و همواره طول دایرةالبروجی کوکب را برپایهٔ رصد (مرصود) از «محسوب» (تقویم کواکب مبتنی بر زیج ممتحن) کمتر یافتند. عرض مشتری نیز همواره نزدیک به نیم درجه جنوبی‌تر از محسوب رصد شد؛ اما اختلاف عرض مرصود و محسوب ماه چندان گوناگون بود که گفتنی نیست.

ابن یونس در مقدمهٔ کتاب یادآور شده‌است که در تنظیم زیج حاکمی به‌ویژه بر رصد «اجتماع کواکب در حالی که کواکب مجتمع سخت نزدیک یک‌دیگر باشند»، یعنی گرفت‌های خورشید و ماه و قران و ترجیحاً قران[۲۲] با طول و عرض[۲۳] دیگر کواکب تکیه کرده‌است (گ ۵ ر). او در باب پنجم نیز بار دیگر بر این نکته تأکید (همان، گ ۵۵ پ–۵۶ ر) و در باب‌های ۴ و ۵، رصد ۴۹ قران را از ماهانی (همان، گ ۴۹ ر–۴۹ پ)، حبش حاسب (همان، گ ۵۵ ر–۵۵ پ)،خاندان اماجور (همان، گ ۵۵ پ) و خود (همان، گ ۵۷ پ–۶۱ ر) گزارش کرده‌است.

نادرستی‌هایی چشم‌گیر و رنگارنگ دست‌نویس لایدن[۲۴] در این‌جا نیز با توجه به محاسبات گاه‌شمارانه و اخترشناسانه درست شده‌است.[۲۵] در این میان گزارش رصد ۲۷ ابن یونس (جدول ۲، ردیف ۳۹) به دلیل داشتن اشکالات بسیار اصلاح‌پذیر نبود. در این گزارش آمده‌است:

> **قران زهره و عطارد در سرطان**: یک ساعت معتدله پس از غروب نگاهم به آن‌ها بود. زهره شمالی و عطارد اندکی منخفض از آن و عطارد سخت خفی (نیم ساعت پس از غروب یعنی ۱۹:۳۰ عطارد در افق) و اقتران آن‌ها به تقدیر نیمه شبی بود که صبح آن دوشنبه ۷ رجب ۳۹۱ / ۱۹ (متن: تاسع) خرداد ۳۷۰ بود (همان، گ ۶۰ ر).

---

۲۲. قران به معنی دقیق به معنی آن است که طول دو کوکب در درجه و دقیقه یکی باشد (یا به عبارت بهتر: اختلاف طول آن‌ها بیش از یک دقیقه نباشد). اما در شماری از رصدهای یادشده در جدول ۲، و از جمله در گزارش رصدهای ۳، ۹، ۱۰،و ۳۶ واژهٔ قران در معنای وسیع‌تر (یعنی اختلاف طول کمتر از ۱ درجه و در مورد رصد ۴۲ تا ۲ درجه) به‌کار رفته است. در شب‌های یادشده در گزارش رصد ۱۰، زهره نزدیک به ۳۸–۴۰ دقیقه از عطارد پیش بود و از آن پس نیز با افزایش سرعت زاویه‌ای زهره، عطارد به آن نرسید و قران به معنی دقیق رخ نداد. در گزارش رصد ۳۶، ابن یونس خود به روشنی یادآور شده است که در هنگام رصد، ارتفاع زهره و مریخ ۴ و ۵ درجه و طول زهره ۱ درجه بیش‌تر بوده است. قران این دو به معنی دقیق ۲ شبانه‌روز زودتر و هنگامی رخ داده بود که هر دو کوکب ۶۰ درجه زیر افق بوده‌اند.

۲۳. یعنی حالتی که یکی از دو کوکب دیگری را بپوشاند یا بسیار نزدیک به این باشد.

۲۴. کوسن دو پرسوال، ویراستار مقدمه و باب‌های ۴ تا ۶، تقریباً هیچ یک از این اشتباهات را درنیافته و آن‌ها را به همان صورت یادشده در دست‌نویس منتشر کرده است. رابرت نیوتن نیز، همچنان که پیش‌تر گفته شد در آثار خود ــ چندان که باید و شاید ــ در اصلاح این اشکالات موفق نبوده است.

۲۵. همهٔ داده‌های یادشده در زیج حاکمی برای این ۴۹ رصد، با دو نرم‌افزار ZET و Solar Fire بررسی شده‌است.

اما در این هنگام عطارد در ۲۷;۱۳° جوزا و زهره در ۳;۵۱° سرطان و اختلاف طول آن‌ها ۶;۳۸° بود. زهره و عطارد، در چهارشنبهٔ ۵ روز پیش‌تر، در برج جوزا در قران بوده‌اند و نزدیک‌ترین زمان حضور هر دو در برج سرطان، ۲۴ جولای ۹۹۹ و ۱۴ جولای ۱۰۰۲ (اما نه در حال قران) بوده‌است. چه بسا ابن یونس پس از گزارش رصد، همچون گزارش رصدهای ۲۵ و ۲۹، از نادرستی محاسباتِ مبتنی بر زیج ممتحن سخن گفته و در نسخهٔ حاضر داده‌های رصدی افتاده و تنها نقد بر جای مانده‌است.

ابن یونس پس از گزارش رصد ۲۵ آورده‌است: «این قران با [حساب زیج] ممتحن باید ۱۳ روز پیش از مرصود رخ می‌داد که خطایی بس قبیح است». او رصد ۲۹ را دوباره میان گزارش دو رصد ۳۰ و ۳۱ یادکرده (همان، گ ۵۹ ر ، سطرهای ۱۷-۲۱)و این بار افزوده‌است: «این قران با [حساب زیج] ممتحن باید پگاه روز پنج‌شنبه ۱۲ جمادی الاول می‌بود».[۲۶]

شماری از اشتباهات متن، پی‌آمد اشتباه لفظی کاتب است، مانند نام ماه قمری در گزارش رصد ۳۲ که به جای جمادی الاولی، جمادی‌الاخر آمده‌است. یا اشاره به رصد قران زهره و قلب الاسد «یک ساعت بعد از طلوع آفتاب» در گزارش رصد ۳۸، که ناشدنی است و از داده‌های دیگر نیز پیداست که «یک ساعت قبل» درست است.

در مواردی چنین می‌نماید که کاتب اعداد را با نام عربی به اشتباه خوانده و سپس آن‌ها را به حساب جمل (ابجد) نوشته‌است. مثلاً در گزارش رصد ۳۰، روز قمری را که «سابع عشر» (۱۷) بوده «تاسع عشر» (۱۹) خوانده و «یط» نوشته‌است. در گزارش رصد ۳۱ نیز گویا «ثامن و عشرین» را «ثانی و عشرین» خوانده و «کب» نوشته‌است.[۲۷]

در گزارش رصد ۶، روز قمری به اشتباه ۶ رمضان آمده‌است و شایان درنگ آن که یک سال پیش از آن یعنی ۲۳۲ یزدگری / ۲۴۹ ق، ۷ مهر و ۶ رمضان برهم منطبق بوده‌اند. این روز شنبه و اختلاف طول زهره و مریخ در آن نزدیک ۵۵ درجه بوده‌است. نیوتن که نخست این ناهمگونی را درنیافته بود (Newton, *Ancient Astronomical Observations*, 165)، در بازنگری محاسبات خود، برای حلّ مشکل این گمان را پیش کشیده که حبش تاریخ‌ها را به یزدگردی ثبت و نگه‌داری می‌کرده و بعدها به رغم یادکرد درست سال ۲۵۰ ق، هنگام تبدیل تاریخ، به جای بهره‌گیری از تقویم آن سال، از تقویم سال بعد یعنی ۲۵۱ ق بهره برده‌است (Newton, *Ancient Planetary Observations*, 254-255)؛ اما این کار اختلاف را بیشتر می‌کند. در واقع حبش هنگام تبدیل تاریخ به‌جای بهره‌گیری از تقویم ۲۳۳ یزدگردی، به اشتباه از تقویم سال پیش از آن یعنی ۲۳۲ یزدگردی بهره برده‌است.

---

۲۶. گزارش رصد ۲۶ نیز دوبار از پی هم آمده (ابن یونس، گ ۵۸ پ ، سطرهای ۱۳-۱۷ و ۱۸-۲۲) و اختلاف میان آن دو چنان است که گویا تکرار کار خود ابن یونس باشد.

۲۷. در این دو حالت، احتمال «یز» را «یط» یا «کح» را «کب» خواندن کم‌تر است.

جدول ۲-قران‌های یادشده در باب‌های ۴ و ۵ زیج حاکمی

ردیف	رصدگر	ر	رصدگاه	قران	روز هفته	قمری	یزدگردی	میلادی	JDN
۱	حبش	۱	بغداد	مشتری و زحل	جمعه	۲۱۴۰۳۲۹	۱۹۸۰۲۰۸	۸۲۹۰۶۰۴	۲۰۲۴۰۰۵
۲	ماهانی	۱	سامرا (یا بغداد)	زهره و زحل	یک شنبه	۲۴۴۰۵۱۴	۲۲۷۰۵۱۰	۸۵۸۰۸۲۸	۲۰۳۴۶۸۲
۳		۲		عطارد و زهره	پنج‌شنبه	۲۴۴۰۶۰۹	۲۲۷۰۶۰۵	۸۵۸۰۹۲۲	۲۰۳۴۷۰۷
۴		۳		زهره و مریخ	یک‌شنبه	۲۵۰۰۱۰۲	۲۳۲۱۰۲۵	۸۶۴۰۲۱۳	۲۰۳۶۶۷۷
۵	حبش	۲	بغداد	مشتری و قلب الاسد	چهارشنبه	۲۵۰۰۷۳۰	۲۳۳۰۵۲۱	۸۶۴۰۹۰۶	۲۰۳۶۸۸۳
۶		۳		زهره و مریخ	یک‌شنبه	۲۵۰۰۹۱۷	۲۳۳۰۷۰۷	۸۶۴۱۰۲۲	۲۰۳۶۹۲۹
۷	خاندان اماجور	۱	بغداد؟	زهره و قلب الاسد	جمعه	۲۷۲۰۳۲۶	۲۵۴۰۵۳۰	۸۸۵۰۹۱۰	۲۰۴۴۵۵۷
۸		۲		زهره و مریخ	دوشنبه	۲۸۳۰۹۱۴	۲۶۵۰۷۱۸	۸۹۶۱۰۲۵	۲۰۴۸۶۲۰
۹		۳	شیراز	زهره و مشتری	سه‌شنبه	۲۸۸۱۰۲۶	۲۷۰۰۶۳۰	۹۰۱۱۰۰۶	۲۰۵۰۴۲۷
۱۰		۴	بغداد؟	عطارد و زهره	دوشنبه	۲۸۹۰۶۰۵	۲۷۱۰۲۰۸	۹۰۲۰۵۱۷	۲۰۵۰۶۵۰
۱۱		۵		مریخ و زحل	دوشنبه	۲۹۰۰۳۲۷	۲۷۱۱۱۲۰	۹۰۳۰۲۲۸	۲۰۵۰۹۳۷
۱۲		۶		مریخ و قلب الاسد	چهارشنبه	۲۹۷۰۱۰۱	۲۷۸۰۶۱۶	۹۰۹۰۹۲۰	۲۰۵۳۳۳۳
۱۳	ابن یونس	۱	قاهره	مریخ و مشتری	پنج‌شنبه	۳۷۲۱۱۲۵	۳۵۲۰۲۲۱	۹۸۳۰۵۱۰	۲۰۸۰۲۲۸
۱۴		۲		عطارد و زهره	دوشنبه	۳۷۵۰۲۰۱	۳۵۴۰۴۰۵	۹۸۵۰۶۲۲	۲۰۸۱۰۰۲
۱۵		۳		زهره و قلب الاسد	شنبه	۳۷۷۰۲۱۷	۳۵۶۰۴۰۱	۹۸۷۰۶۱۸	۲۰۸۱۷۲۸
۱۶		۴		مریخ و مشتری	یک‌شنبه	۳۷۷۰۶۱۴	۳۵۶۰۷۲۴	۹۸۷۱۰۰۹	۲۰۸۱۸۴۱
۱۷		۵		زهره و زحل	جمعه	۳۷۷۰۹۲۸	۳۵۶۱۱۰۲	۹۸۸۰۱۲۰	۲۰۸۱۹۴۴
۱۸		۶		مریخ و قلب الاسد	سه‌شنبه	۳۷۸۰۶۰۴	۳۵۷۰۷۰۴	۹۸۸۰۹۱۸	۲۰۸۲۱۸۶
۱۹		۷		مریخ و مشتری	یک‌شنبه	۳۷۹۰۹۱۴	۳۵۸۰۹۲۷	۹۸۹۱۲۱۵	۲۰۸۲۶۳۹
۲۰		۸		زهره و قلب الاسد	دوشنبه	۳۸۰۰۳۲۶	۳۵۹۰۴۰۷	۹۹۰۰۶۲۳	۲۰۸۲۸۲۹
۲۱		۹		مریخ و قلب الاسد	شنبه	۳۸۰۰۶۰۶	۳۵۹۰۶۱۵	۹۹۰۰۸۳۰	۲۰۸۲۸۹۷
۲۲		۱۰		مریخ و زحل	دوشنبه	۳۸۱۰۸۲۲	۳۶۰۰۸۱۹	۹۹۱۱۱۰۲	۲۰۸۳۳۲۶
۲۳		۱۱		زهره و زحل	سه‌شنبه	۳۸۱۱۰۱۳	۳۶۰۱۰۰۴	۹۹۱۱۲۲۲	۲۰۸۳۳۷۶
۲۴		۱۲		زهره و قلب الاسد	شنبه	۳۸۲۰۷۱۷	۳۶۱۰۷۰۴	۹۹۲۰۹۱۷	۲۰۸۳۶۴۶
۲۵		۱۳		مریخ و زحل	پنج‌شنبه	۳۸۳۰۹۰۱	۳۶۲۰۸۰۶	۹۹۳۱۰۱۹	۲۰۸۴۰۴۳
۲۶		۱۴		مریخ و مشتری	پنج‌شنبه	۳۸۴۰۴۱۸	۳۶۳۰۳۱۵	۹۹۴۰۵۳۱	۲۰۸۴۲۶۷
۲۷		۱۵		عطارد و زهره	چهارشنبه	۳۸۴۱۱۲۸	۳۶۳۱۰۱۶	۹۹۵۰۱۰۲	۲۰۸۴۴۸۳
۲۸	ناشناس	۱۶		مریخ و زحل	سه‌شنبه	۳۸۵۰۵۱۰	۳۶۴۰۳۲۶	۹۹۵۰۶۱۱	۲۰۸۴۶۴۳
۲۹	ابن یونس	۱۷		زهره و مشتری	سه‌شنبه	۳۸۵۰۵۱۰	۳۶۴۰۳۲۶	۹۹۵۰۶۱۱	۲۰۸۴۶۴۳
۳۰		۱۸		زهره و قلب الاسد	سه‌شنبه	۳۸۵۰۵۱۷	۳۶۴۰۴۰۳	۹۹۵۰۶۱۸	۲۰۸۴۶۵۰
۳۱		۱۹		زهره و مشتری	شنبه	۳۸۶۰۷۲۸	۳۶۵۰۶۰۲	۹۹۶۰۸۱۵	۲۰۸۵۰۷۴
۳۲		۲۰		زهره و زحل	دوشنبه	۳۸۷۰۵۱۴	۳۶۶۰۳۰۹	۹۹۷۰۵۲۴	۲۰۸۵۳۵۶
۳۳		۲۱		مریخ و قلب الاسد	سه‌شنبه	۳۸۸۰۶۱۶	۳۶۷۰۳۳۰	۹۹۸۰۶۱۴	۲۰۸۵۷۴۲
۳۴		۲۲		زهره و قلب الاسد	پنج‌شنبه	۳۸۸۰۶۲۵	۳۶۷۰۴۰۹	۹۹۸۰۶۲۳	۲۰۸۵۷۵۱
۳۵		۲۳		زهره و مریخ	دوشنبه	۳۸۸۰۷۰۷	۳۶۷۰۴۲۰	۹۹۸۰۷۰۴	۲۰۸۵۷۶۲
۳۶		۲۴		زهره و مریخ	دوشنبه	۳۸۹۰۴۲۱	۳۶۸۰۱۲۵	۹۹۹۰۴۱۰	۲۰۸۶۰۴۲
۳۷		۲۵		عطارد و زهره	یک‌شنبه	۳۹۰۰۶۱۲	۳۶۹۰۳۰۵	۱۰۰۰۰۵۱۹	۲۰۸۶۴۴۷
۳۸		۲۶		زهره و قلب الاسد	دوشنبه	۳۹۰۱۰۱۴	۳۶۹۰۷۰۵	۱۰۰۰۰۹۱۶	۲۰۸۶۵۶۷
۳۹		۲۷		عطارد و زهره	دوشنبه	۳۹۱۰۷۰۷	۳۷۰۰۳۱۹	۱۰۰۱۰۶۰۲	۲۰۸۶۸۲۶
۴۰		۲۸		زهره و قلب الاسد	یک‌شنبه	۳۹۱۰۸۱۲	۳۷۰۰۴۲۳	۱۰۰۱۰۷۰۶	۲۰۸۶۸۶۰
۴۱		۲۹		مریخ و زحل	شنبه	۳۹۱۰۸۲۵	۳۷۰۰۵۰۶	۱۰۰۱۰۷۱۹	۲۰۸۶۸۷۳
۴۲		۳۰		مریخ و قلب الاسد	شنبه	۳۹۲۰۴۲۷	۳۷۰۱۲۲۹	۱۰۰۲۰۳۱۴	۲۰۸۷۱۱۱
۴۳		۳۱		مریخ و قلب الاسد	شنبه	۳۹۲۰۵۰۵	۳۷۱۰۱۰۶	۱۰۰۲۰۳۲۱	۲۰۸۷۱۱۸
۴۴		۳۲		زهره و مشتری	شنبه	۳۹۲۰۶۰۳	۳۷۱۰۲۰۴	۱۰۰۲۰۴۱۸	۲۰۸۷۱۴۶
۴۵		۳۳		زهره و زحل	سه‌شنبه	۳۹۲۰۹۰۲	۳۷۱۰۵۰۱	۱۰۰۲۰۷۱۴	۲۰۸۷۲۳۳
۴۶		۳۴		زهره و مریخ	جمعه	۳۹۳۰۳۰۲	۳۷۱۱۰۲۴	۱۰۰۳۰۱۰۸	۲۰۸۷۴۱۱
۴۷		۳۵		زهره و مشتری	پنج‌شنبه	۳۹۳۰۴۱۳	۳۷۱۱۲۰۵	۱۰۰۳۰۲۱۸	۲۰۸۷۴۵۲
۴۸		۳۶		زهره و قلب الاسد	شنبه	۳۹۳۰۸۱۶	۳۷۲۰۴۰۶	۱۰۰۳۰۶۱۹	۲۰۸۷۵۷۳
۴۹		۳۷		مشتری و زحل	جمعه	۳۹۸۰۲۲۳	۳۷۶۰۸۲۸	۱۰۰۷۱۱۰۷	۲۰۸۹۱۷۵

اشکالات گزارش ردیف ۳۹، برخلاف دیگر گزارش‌ها قابل اصلاح نبود (نک همین مقاله، ص ۱۷۳).
داده‌های به این رنگ در زیج حاکمی نیست و به این رنگ در آن‌جا نادرست آمده و این‌جا اصلاح شده‌است (نک توضیحات متن)
روز هفته با توجه به هنگام قران و بر اساس شبانه‌روز نجومی یاد شده‌است (توضیحات ذیل جدول ۱ نیز دیده شود)

۶. رصدهای اعتدال و محاسبهٔ وسط الشمس

برای یافتن وسط الشمس، اخترشناسان لحظهٔ یک اعتدال (معمولا: پاییزی) را رصد و فاصلهٔ آن را با رصدی هم‌سان در گذشته به دست آورده و گردش خورشید در این مدت بر حسب درجه (= تعداد سال‌های اعتدالی[۲۸] میان این دو × ۳۶۰) را بر فاصلهٔ میان این دو بر حسب یکای زمان (شبانه‌روز یا سال ۳۶۵ روزهٔ یزدگردی) بخش می‌کردند.

ابن یونس دریافته بود که بطلمیوس در رصد هنگام اعتدال‌ها خطایی چشم‌گیر داشته‌است[۲۹] و بر آن بود که وسط الشمس را باید بر پایهٔ رصد هیپارخوس و نه رصد بطلمیوس به دست آورد؛ زیرا با به‌کارگیری این یک، وسط‌الشمس سالانه «نزدیک به ۵ ثانیهٔ کمانی بیش از آن‌چه باید»[۳۰] به دست می‌آید (گ ۵۳ پ-۵۴ ر). رابرت نیوتن، ابن یونس را نخستین اخترشناس دریابندهٔ این اشتباه بطلمیوس انگاشته (Newton, *The Moon's Acceleration*, 43) اما دست‌کم نویسندهٔ سنة الشمس (ص ۵۸)، از منابع ابن یونس، پیش از او چنین کرده‌است.

ابن یونس، بی‌یادکرد سال، بر محاسبهٔ وسط الشمس از روی نتایج رصد اعتدال پاییزی خود و هیپارخوس سخن گفته‌است (گ ۵۴ ر) که هنگام آن را نیز می‌توان پس از دو رصد انقلاب و پیش از رصد خورشیدگرفت یادشده و در صفر ۳۶۷ ق گرفت (تاریخ این رصد در ردیف ۲۳ جدول ۳، بر پایهٔ همین گمان است).

ابن یونس همچنین جدول‌هایی مفصل برای حرکت وسط کواکب (و از جمله خورشید) در ۲۷۰۰ سال قمری و ۲۴۰۰ سال یزدگردی و هر ماه قمری و شمسی (همان، گ ۶۹ پ-۸۶ ر) آورده‌است[۳۱] که مرسیه دقت آن‌ها را، پس از مقایسه با محاسبات مبتنی بر نجوم مدرن، ستوده‌است (Mercier, "The Transmission", 10, 13, 14). این جدول‌ها بر جدول‌های سیاره‌ای زیج ایلخانی بی‌تأثیر نبوده‌است (برای مقایسهٔ کلّی نتایج نک: سوادی و نیک‌فهم خوب‌روان، ۴۰۲-۴۰۳).

28. tropical year

۲۹. برای نمونه: بیش از ۳۱ ساعت دیرتر در رصد ردیف ۲ جدول ۳.

۳۰. همچنان که از جدول ۳ پیداست، این مقدار خطا مربوط به سال‌های رصد ابن یونس، اما در هنگام رصدهای پیشینان او بیش از این (و هرچه کهن‌تر، بیشتر) است. زیرا اشتباه ۳۱ ساعتهٔ بطمیوس در هنگام اعتدال پاییزی یادشده در ردیف ۲ جدول ۳، معادل لحاظ شدن ۴۵۸۰ ثانیهٔ کمانی جابه‌جایی بیشتر برای خورشید است که پس از ۹۱۶ سال یعنی در ۱۰۵۵ میلادی خطایی برابر با ۵ ثانیهٔ کمانی بیشتر در سال (و در سال رصد ابن یونس بسیار نزدیک به این) ایجاد می‌کند.

۳۱. نیز جدول‌هایی برای خاصه و تعدیل کواکب (ابن یونس، گ ۸۶ پ-۹۷ پ).

جدول ۳- رصدهای اعتدال یادشده در باب‌های ۴ و ۱۱ زیج حاکمی و رصدهای مرتبط با آن‌ها در متون موازی آن

	راصد	رصدگاه	وق.	روز: قمری	بزگردی	میلادی	JD	هنگام	وسط الشمس• (به درجه)، محاسبه از این رصد تا: رصد هیپارخوس	رصد بطلمیوس	گزارش ابن یونس
۱	ابرخس (هیپارخوس)	اسکندریه	پ	–	–	−۱۴۷۰۹۲۷	۱۶۶۸۰۰۱	۰۰:۰۰	–	–	–
۲	بطلمیوس	اسکندریه	پ	–	–	۱۳۹۰۹۲۶	۱۷۷۲۰۹۶	۰۷:۰۰	۳۵۹;۴۵٬۲۴٬۵۱٬۳۴٬۲۳	–	–
۳	احمد نهاوندی≈	جندی‌شاپور	پ	۱۷۵۰۵۱۵	۱۶۰۰۵۱۵	۷۹۱۰۹۱۹	۲۰۱۰۳۲۲	؟	۳۵۹;۴۵٬۴۴٬۲۳٬۲۰٬۵۹	۳۵۹;۴۵٬۵۲٬۵۵٬۳۳٬۴۹	۳۵۹;۴۵٬۴۰٬۴۰
۴	اصحاب ممتحن (سرپرست: یحیی بن ابی منصور)~	بغداد	پ	۲۱۴۰۷۱۶	۱۹۸۰۵۲۵	۸۲۹۰۹۱۹	۲۰۲۴۱۱۲	۱۲:۴۸	۳۵۹;۴۵٬۳۹٬۲۱٬۵۰٬۰۱	۳۵۹;۴۵٬۴۵٬۲۱٬۱۷٬۴۱	۳۵۹;۴۵٬۴۴٬۱۴٬۲۴
۵#	مجهول در شماسیه	بغداد	پ	۲۱۵۰۷۲۷	۱۹۹۰۵۲۵	۸۳۰۰۹۱۹	۲۰۲۴۴۷۷	۱۱:۰۰	۳۵۹;۴۵٬۴۰٬۳۱٬۰۳٬۲۰	۳۵۹;۴۵٬۴۶٬۵۸٬۳۳٬۵۲	–
	یحیی بن ابی‌منصور~							۱۲:۰۸	۳۵۹;۴۵٬۴۰٬۲۰٬۴۵٬۴۲	۳۵۹;۴۵٬۴۶٬۴۴٬۰۰٬۲۹	۳۵۹;۴۵٬۴۴٬۱۴
۶	سنهٔ الشمس٪	بغداد	پ					۱۳:۰۰	۳۵۹;۴۵٬۴۰٬۱۲٬۵۳٬۳۳	۳۵۹;۴۵٬۴۶٬۳۲٬۵۳٬۲۲	–
۷		بغداد	ب	۲۱۶۰۱۲۸	۱۹۹۱۱۱۹	۸۳۱۰۳۱۷	۲۰۲۴۶۵۶	۰۲:۰۰	۳۵۹;۳۴٬۵۱٬۵۲٬۰۱٬۲۷	۳۵۹;۳۰٬۳۰٬۵۸٬۱۹٬۵۸	–
۸		بغداد	پ	۲۱۶۰۸۰۷	۲۰۰۰۵۲۵	۸۳۱۰۹۱۹	۲۰۲۴۸۴۲	۱۹:۰۰	۳۵۹;۴۵٬۴۰٬۱۱٬۱۲٬۵۲	۳۵۹;۴۵٬۴۶٬۲۹٬۵۸٬۳۰	–
۹		بغداد	ب	۲۱۷۰۲۰۹	۲۰۰۱۱۱۹	۸۳۲۰۳۱۶	۲۰۲۵۰۲۱	۰۸:۰۰	۳۵۹;۳۴٬۵۲٬۳۰٬۰۸٬۵۰	۳۵۹;۳۰٬۳۲٬۱۴٬۴۵٬۰۶	–
۱۰#	خالد بن عبدالملک (بیرونی)	دمشق	پ	۲۱۷۰۸۱۸	۲۰۱۰۵۲۵	۸۳۲۰۹۱۸	۲۰۲۵۲۰۷	۲۳:۱۲	۳۵۹;۴۵٬۴۰٬۱۹٬۴۸٬۵۶	۳۵۹;۴۵٬۴۶٬۴۱٬۳۴٬۰۱	–
	سند بن علی، خالد، علی بن عیسی و دیگران (ابن یونس)	دمشق	پ	۲۱۷۰۸۱۸	۲۰۱۰۵۲۵	۸۳۲۰۹۱۸	۲۰۲۵۲۰۷	۲۳:۱۸	۳۵۹;۴۵٬۴۰٬۱۸٬۵۴٬۳۳	۳۵۹;۴۵٬۴۶٬۴۰٬۱۷٬۱۵	۳۵۹;۴۵٬۴۶٬۳۵٬۰۳
۱۱	ناشناس&	بغداد	پ	۲۲۸۱۲۲۰	۲۱۲۰۵۲۸	۸۴۳۰۹۱۹	۲۰۲۹۲۲۵	۲۱:۲۲	۳۵۹;۴۵٬۳۹٬۳۰٬۰۹٬۴۳	۳۵۹;۴۵٬۴۵٬۲۵٬۵۰٬۴۶	–
۱۲	احمد بن موسی≈	بغداد	پ	۲۳۷۰۳۱۸	۲۲۰۰۵۳۰	۸۵۱۰۹۱۹	۲۰۳۲۱۴۷	؟	۳۵۹;۴۵٬۴۲٬۱۶٬۴۱٬۰۹	۳۵۹;۴۵٬۴۹٬۱۵٬۰۱٬۵۶	۳۵۹;۴۵٬۴۰
۱۳+	محمد بن علی مکی در محضر طاهر بن عبدالله	نیشابور	پ	۲۳۷۰۳۱۸	۲۲۰۰۵۳۰	۸۵۱۰۹۱۹	۲۰۳۲۱۴۷	۱۲:۰۰	۳۵۹;۴۵٬۴۰٬۴۹٬۳۲٬۵۲	۳۵۹;۴۵٬۴۷٬۱۳٬۰۰٬۴۸	–
۱۴	محمد و احمد بن موسی	سامرا	پ	۲۴۵۰۶۱۷	۲۲۸۰۶۰۲	۸۵۹۰۹۱۹	۲۰۳۵۰۶۹	۱۲:۰۰	۳۵۹;۴۵٬۴۰٬۲۷٬۱۵٬۳۳	۳۵۹;۴۵٬۴۶٬۳۷٬۳۸٬۲۸	۳۵۹;۴۵٬۳۹٬۵۸٬۰۲
۱۵	محمد بن احمد (/ محمد) بن یوسف سمرقندی≈	سمرقند	پ	۲۵۱۰۸۲۲	۲۳۴۰۶۰۳	۸۶۵۰۹۱۸	۲۰۳۷۲۶۰	؟	۳۵۹;۴۵٬۴۳٬۳۷٬۳۱٬۴۳	۳۵۹;۴۵٬۵۰٬۵۹٬۳۲٬۴۱	۳۵۹;۴۵٬۳۹٬۵۸
۱۶	محمد و احمد بن موسی	بغداد	ب	۲۵۵۰۳۲۸	۲۳۷۱۱۲۸	۸۶۹۰۳۱۶	۲۰۳۸۵۳۵	۱۲:۰۰	۳۵۹;۳۵٬۱۵٬۲۵٬۲۰٬۰۶	۳۵۹;۳۱٬۱۷٬۱۹٬۱۴٬۴۹	–
۱۷	بتانی	رقّه	پ	۲۶۹۰۳۰۲	۲۵۱۰۶۰۸	۸۸۲۰۹۱۹	۲۰۴۳۴۷۰	۰۱:۱۵	۳۵۹;۴۵٬۴۰٬۲۷٬۳۲٬۲۴	۳۵۹;۴۵٬۴۶٬۲۶٬۳۴٬۰۵	۳۵۹;۴۵٬۴۶
۱۸	خاندان اماجور در الزیج البدیع≈	بغداد	پ	۳۰۰۰۲۰۲	۲۸۱۰۶۱۵	۹۱۲۰۹۱۸	۲۰۵۴۴۲۷	؟	۳۵۹;۴۵٬۴۱٬۲۵٬۲۷٬۱۳	۳۵۹;۴۵٬۴۷٬۳۱٬۵۳٬۵۱	۳۵۹;۴۵٬۳۹٬۴۵
۱۹	مفلح بن یوسف≈	بغداد	پ	۳۲۰۰۹۱۴	۳۰۱۰۶۲۰	۹۳۲۰۹۱۸	۲۰۶۱۷۳۲	؟	۳۵۹;۴۵٬۴۰٬۵۳٬۴۴٬۲۸	۳۵۹;۴۵٬۴۶٬۳۹٬۳۲٬۴۲	۳۵۹;۴۵٬۳۹٬۴۶
۲۰	عبدالرحمان صوفی	شیراز	پ	۳۵۹۱۱۱۴	۳۳۹۰۶۲۹	۹۷۰۰۹۱۸	۲۰۷۵۶۱۱	۱۱:۰۰	۳۵۹;۴۵٬۴۰٬۱۸٬۳۸٬۳۳	۳۵۹;۴۵٬۴۵٬۲۳٬۳۵٬۳۱	
۲۱	عبدالرحمان صوفی	شیراز	پ	۳۶۰۱۱۲۴	۳۴۰۰۶۲۹	۹۷۱۰۹۱۸	۲۰۷۵۹۷۶	۱۸:۰۰	۳۵۹;۴۵٬۴۰٬۰۹٬۱۳٬۵۹	۳۵۹;۴۵٬۴۵٬۲۳٬۳۴٬۵۰	۳۵۹;۴۵٬۴۰٬۰۲
۲۲	ابن اعلم≈	بغداد	پ	۳۶۵۰۱۰۹	۳۴۴۰۶۳۰	۹۷۵۰۹۱۸	۲۰۷۷۴۳۷	؟	۳۵۹;۴۵٬۴۲٬۱۱٬۴۴٬۱۰	۳۵۹;۴۵٬۴۸٬۰۶٬۲۰٬۳۷	۳۵۹;۴۵٬۴۰٬۲۰
۲۳	ابن یونس≈	قاهره	پ	۳۶۷۰۲۰۱	۳۴۶۰۷۰۱	۹۷۷۰۹۱۸	۲۰۷۸۱۶۸	؟	۳۵۹;۴۵٬۴۰٬۳۳٬۵۲٬۵۴	۳۵۹;۴۵٬۴۵٬۵۴٬۲۱٬۴۲	۳۵۹;۴۵٬۴۰٬۳۴۴

داده‌ها برپایهٔ گزارش ابن یونس (گ ۵۲ پ–۵۳ ر، ۱۱۲ پ، ۲ ر) تنظیم و با منابع دیگر (سنهٔ الشمس، ۳۳؛ حبش حاسب، زیج، گ ۹۱ پ، همو، الاجرام و الابعاد، ۱۲۱؛ تحدید، ۲۹۹، همو، القانون، ۶۴۰: جدول اعتدال‌های پایینزی؛ نیز: خازمی، گ ۲۰ پ: جدول اعتدال‌های پایینزی؛ بتانی، ۶۳؛ محیی‌الدین مغربی، گ ۵۸ ر–۵۸ پ) تکمیل شده‌است.

• اعداد این دو ستون را نگارنده محاسبه کرده و همچنان که پیداست در بیشتر موارد در «ثانیه‌ها» با گزارش ابن یونس از مقدار وسط الشمس تفاوت دارد. او نتیجهٔ رصد یحیی را با رصد هیپارخوس سنجیده و به ۳۵۹;۴۵,۳۹,۵۴ درجه رسیده‌است که باید با ردیف ۵ _ که داده‌های آن را خود آورده‌است _ (یا ردیف ۴) بخواند؛ اما چنین نیست؛ مگر آن که هنگام رصد ۵ را ۳ ساعت دیرتر (یا هنگام رصد ۴ را ۳٫۵ ساعت زودتر) گرفته باشد.

≈ ابن یونس در این موارد تنها به یادکرد تعدیل الشمس از هر اخترشناس بسنده کرده و در منابع دیگر نیز به انجام این رصدها اشاره نشده‌است. اما اخترشناسان دورهٔ اسلامی _ همچنان که خود ابن یونس نیز تأکید کرده _ برای یافتن آن، لحظهٔ یک اعتدال (معمولا: پاییزی) را رصد و فاصلهٔ آن را با رصدی مشابه در گذشته (بیشتر ردیف ۱ و گاه ردیف ۲) به دست می‌آوردند. سال تقریبی بیشتر بر پایهٔ رصد همان‌ها از قلب الاسد یا جایگاه اوج یاد شده‌است (هرچند وسط الشمس بر خلاف این دو ربطی به سال رصد ندارد؛ هرچند رصد اعتدال‌ها باید از نخستین رصدهای هر رصدگر باشد.

~ ابن یونس داده‌های رصد اعتدال ردیف ۵ را داده و در مورد ردیف ۴ فقط به وسط الشمس در ۱۹۸ یزدگردی / ۲۱۴ ق اشاره کرده و البته همان مقدار را با انداختن رابعه برای رصد ۱۹۹ یزدگردی / ۲۱۵ ق تکرار کرده‌است. این آشفتگی در سراسر زیج حاکمی دربارهٔ رصدهای اصحاب ممتحن در این دو سال دیده می‌شود (از جمله دربارهٔ اندازه‌گیری طول دایرةالبروجی اوج خورشید) و چه بسا رصد ۵ در کار نبوده‌است!

دو گزارش یادشده در ردیف ۵ را به دشواری می‌توان از رصدهایی جداگانه انگاشت. ابن یونس رصدگر را یحیی دانسته‌است که به گمان نزدیک به درست آن هنگام درگذشته بود و بیرونی گویا با توجه به همین نکته رصدگر را «مجهول» انگاشته‌است. ردیف ۱۰ نیز چنین است و بیرونی باید به یادکرد سرپرست گروه (خالد) بسنده کرده باشد (تحدید، ۲۹۹، همو، القانون، ۶۴۰: شم ۱۰ و ۱۲؛ نیز: خازمی، گ ۲۰ پ: شم ۶ و ۸). ابن یونس و محیی الدین مغربی هنگام را «۲۸ دقیقه و ۱۵ ثانیهٔ از روز» (هر دقیقهٔ آن، نامور به دقیقهٔ جهری=یک شصتم شبانه‌روز = ۲۴ دقیقهٔ معمولی) پس از نیم‌روز همان روز و بیرونی «۱۴ و ۴ پنجم ساعت» پیش از نیم‌روز روز بعد آورده‌اند. تفاوت در همان «۱۵ ثانیهٔ جهری» است که چه بسا در مأخذ بیرونی افتاده بوده‌است.

دو گزارش یادشده در ردیف ۵ را به دشواری می‌توان از رصدهایی جداگانه انگاشت. ابن یونس رصدگر را یحیی دانسته‌است که به گمان نزدیک به درست آن هنگام درگذشته بود و بیرونی گویا با توجه به همین نکته رصدگر را «مجهول» انگاشته‌است. ردیف ۱۰ نیز چنین است و بیرونی باید به یادکرد سرپرست گروه (خالد) بسنده کرده باشد (تحدید، ۲۹۹، همو، القانون، ۶۴۰: شم ۱۰ و ۱۲؛ نیز: خازمی، گ ۲۰ پ: شم ۶ و ۸). ابن یونس و محیی الدین مغربی هنگام را «۲۸ دقیقه و ۱۵ ثانیهٔ از روز» (هر دقیقهٔ آن، نامور به دقیقهٔ جهری=یک شصتم شبانه‌روز = ۲۴ دقیقهٔ معمولی) پس از نیم‌روز همان روز و بیرونی «۱۴ و ۴ پنجم ساعت» پیش از نیم‌روز روز بعد آورده‌اند. تفاوت در همان «۱۵ ثانیهٔ جهری» است که چه بسا در مأخذ بیرونی افتاده بوده‌است.

٪ ابن یونس (گ ۵۲ پ، ۵۴ ر، ۵۴ پ) همچون بیشتر دانشوران دورهٔ اسلامی این رساله را از آن ثابت بن قره می‌پنداشت.

& این رصد که ابن یونس با عبارت «قیاس ببغداد فی المرة الثانیة بعد موت المأمون الذی اجتمع علیه جماعة من اهل العلم» از آن یاد کرده _ باید همان رصد رصدگر ناشناس یادشده در آثار بیرونی (تحدید، ۲۹۹–۳۰۰: «رصد مجهول ببغداد»، همو، القانون، ۶۴۰: شم ۱۳: «مجهول ذکر فی الکتب») با همین هنگام باشد که بیرونی روز آن را به یزدگردی و بخت النصری و روز هفته یاد کرده اما در دست‌نویس لایدن سال آن ۲۱۳ یزدگردی آمده‌است که باید ۲۱۲ باشد (فاصلهٔ دو اعتدال پیاپی نمی‌تواند دقیقاً «۳۶۵ روز بدون کسر» باشد). بیرونی (همان، ۶۵۳–۶۵۴) به نقل از تفسیر المجسطی ابوجعفر خازن بر آن است خالد بن عبدالملک، علی بن عیسی و سند بن علی برای محاسبهٔ طول فصل‌ها (و از آن‌جا: یافتن جایگاه اوج) در ۲۱۲ یزدگردی [/ ۲۲۸–۲۲۹ ق] به رصد پرداختند و اگر چنین باشد آنان باید همین اعتدال را رصد کرده باشند؛ اما این تاریخ نمی‌تواند درست باشد و احتمالا یکی از خطاهای پرشمار القانون المسعودی است (کرامتی، «رصد»، ۱۳۹).

+ بیرونی (تحدید، ۳۰۰، همو، القانون، ۶۴۰: شم ۱۴؛ نیز: خازمی، گ ۲۰ پ: شم ۹) رصد ۱۳ را کار محمد بن علی مکی دانسته اما به رغم آشنایی با پژوهش‌ها و رصدهای طاهر بن عبدالله (از فرمان‌روایان دودمان طاهری خراسان)، از انجام رصد در حضور او یاد نکرده‌است.

۷. سرعت حرکت ثانیهٔ فلک ثوابت و جابه‌جایی اوج کواکب

بطلمیوس سرعت حرکت ثانیهٔ فلک ثوابت (به تعبیر امروزین: حرکت تقدیمی) را ۱ درجه در هر ۱۰۰ سال مصری (= یزدگردی) یافت. اگر جدول حرکت ثانیه در الزیج المأمونی الممتحن (گ ۹۴ پ) از جدول‌های اصیل باشد، آنان سرعت ۰۰;۰۰,۵۴,۴۷,۴۵° در هر سال قمری ، یعنی ۱ درجه در هر ۶۵٫۶۹۸ سال قمری / ۶۳٫۷۸۴ سال یزدگری به دست آورده‌اند.[۳۲] اما ابن یونس (گ ۴۶ پ) در مثالی عددی، جابه‌جایی اوج خورشید را ـ که آن‌ها، ابن یونس و بسیاری دیگر برابر با سرعت حرکت ثانیه می‌انگاشتند ـ برپایهٔ نظر اصحاب ممتحن را در ۱۹۸ (=از ۱ تا ۱۹۹) سال یزدگردی برابر ۰۳;۰۱° (= ۸۲;۳۹-۷۹;۳۸) یعنی ۱ درجه در هر ۶۵٫۶۳۵ سال یزدگردی (نزدیک عدد به‌دست آمده از آن جدول‌ها اما برای سال قمری!) گرفته‌است. در واقع اخترشناسان بعدی سرعت نزدیک به ۱ درجه در ۶۶ سال قمری نزد اصحاب ممتحن را ۱ درجه در ۶۶ سال یزدگردی انگاشته‌اند؛ در حالی که این مقدار را بتانی (ص ۱۸۸) به دست آورده‌است (کرامتی، «اعتدالین، تقدیم»، ۴۱۰). ابن یونس ـ چنان که خود گوید ـ با تلاش بسیار و به رصد آن را ۱ درجه در هر ۷۰٫۲۵ سال یزدگردی / ۰۰;۰۰,۵۱,۱۴,۴۳,۵۹° در هر سال یزدگردی یافته‌است (گ ۶۲ پ: «مقدار هذه الحرکة لکل ع (=۷۰) سنة فارسیة و ربع سنة درجة علی ما وجدت بالرصد بعد الاجتهاد فیه»،۶۳ پ؛ نیز تکرار عین عبارت توسط ابوالعقول، گ ۲۳ ر) و گویا مقصود نصیرالدین طوسی (التذکرة، ۱۲۳، ۱۲۵)، از «اخترشناسان محقق آن را ۱ درجه در هر ۷۰ سال یافته‌اند»، ابن یونس و البته ابن اعلم باشد که به گفته ابن یونس (گ ۵۵ ر) سرعت را هر ۷۰ سال ۱ درجه به دست آورده بود

ابن یونس برپایهٔ همین اندازه‌گیری (و نیز یکسان گرفتن سرعت جابه‌جایی اوجات و حرکت ثانیه، نک سپس‌تر)، جدولی با عنوان «جدول حرکة قلب الاسد فی السنین الفارسیة و الاوجات و الجوزهرات» برای یافتن طول دایرةالبروجی این‌ها و نیز ثوابت در سال‌های پس و پیش از این سال (همراه با روش کار با این جدول) عرضه کرده‌است (همان، گ ۶۳ پ؛ نیز نک بسط داده‌شدهٔ همین جدول توسط ابوالعقول، گ ۹۱ ر). او باید جدولی نیز برای جایگاه ثوابت و از جمله قلب الاسد در آغاز سال ۳۷۲ یزدگردی (و بهتر آن‌که در همین‌جا) می‌آورد که در دست‌نویس‌های برجای مانده از زیج حاکمی (و گزیدهٔ آن) نشانی از این جدول نیست. این جدول البته در زیج حاکمی وجود داشته و نصیرالدین طوسی (زیج، دست‌نویس ۱۶۳، گ ۵۷ پ) و ابوالعقول (گ ۹۲ پ) مقادیر به‌هنگام شدهٔ آن را برای آغاز سال ۶۰۱ یزدگری و پایان ۴۰۰ (=آغاز ۴۰۱) یزدگردی (با همان فرض افزایش ۱ درجه در هر ۷۰٫۲۵ سال یزدگردی)، و نیز محیی الدین مغربی در عمدة الحاسب و غنیة الطالب، برای همین سال (نک: King, *In Synchrony ..., I. The Call*, 31؛ نیز نک: Mozaffari, 299)

۳۲. کندی (Kennedy, 146) با تکیه بر سطر اول ستون «مبسوطه» به نتیجه‌ای دیگر رسیده است؛ اما این سطر با دیگر سطرهای آن نمی‌خواند.

آورده‌اند و خود ابن یونس نیز در ضمن مثال‌هایی عددی، مختصات دو ستارهٔ «ید الجوزا الیمنی» (= ابط الجوزا / آلفا جوزا[۳۳]) و الحادی (= حادی النجم / عین الثور / دبران / آلفا ثور[۳۴]) را در باب ۳۹ (گزیدهٔ زیج حاکمی، گ ۶۷ ر–۶۷ پ) و مختصات نسر طائر (آلفا عقاب[۳۵]) را نیز در باب ۴۳ (همان، گ ۷۰ پ–۷۱ ر) آورده‌است (نک جدول ۴).

شگفتا که ابن یونس حتی هنگام یادکرد نتیجهٔ رصدهای اخترشناسان دیگر از جایگاه قلب الاسد و مقایسهٔ آن‌ها با هم (البته در باب ۵) دربارهٔ رصد خود یا نتیجهٔ آن هیچ نگفته و تنها به سازگاری یا ناسازگاری نتایج دیگران با یکدیگر پرداخته‌است، بی‌آنکه یکی را بر دیگری برتری دهد (نک جدول ۵).. البته کینگ (King, *The Astronomical Works*, 2, 15, 296-298، ... ,"Ibn Yūnus 577 ,"1976 ،504 ,"Aspects") عبارت «و کان فی آخر سنة الرصد و هی لیزدجرد ۳۷۲، الاسد یه نه»، یادشده بر کنارهٔ برگ ۶۳ پ دست‌نویس *لایدن* را بخشی از متن زیج حاکمی و برپایهٔ آن « ۱۵;۵۵° از اول برج اسد» (= طول دایرةالبروجی ۱۳۵;۵۵°) را طول قلب الاسد در «آغاز سال ۳۷۲ یزدگردی» و این سال را «آخرین سال رصدها[ی ابن یونس]» پنداشته‌است؛[۳۶] اما کینگ عبارت یادشده در حاشیه را درست درنیافته زیرا در آن‌جا آمده‌است که جایگاه قلب الاسد، «نه در سال پایان رصد» که «در پایان سال رصد [اوج کواکب، یعنی ۳۷۲ یزدگردی]» چنین بوده‌است.[۳۷]

جدول ۴- طول دایرةالبروجی ۴ ستاره در زیج حاکمی و دو زیج دیگر در سال‌های یزدگردی

ستاره	زیج حاکمی (۳۷۲)	الزیج المختار (پایان ۴۰۰)		زیج ایلخانی (پایان ۶۰۰)	
		طول	اختلاف با حاکمی	طول	اختلاف با مختار
ید الجوزا / ابط الجوزا	۷۴;۲۶	۷۴;۵۵	۰۰;۲۹	۷۷;۴۶	۰۲;۵۱
الحادی / دبران / عین الثور	۵۶;۰۰	۵۶;۱۶	۰۰;۱۶	۵۹;۰۷	۰۲;۵۱
نسر الطائر	۲۸۷;۲۰	۲۸۷;۴۳	۰۰;۲۳	۲۹۰;۳۴	۰۲;۵۱
قلب الاسد	۱۳۵;۵۵	۱۳۶;۱۹	۰۰;۲۴	۱۳۹;۱۰	۰۲;۵۱

این جدول را (همراه با عرض ستارگان)، نخستین بار کینگ (*The Astronomical Works*, 297)؛ بر پایهٔ گزیدهٔ زیج حاکمی، گ ۶۷ ر–۶۷ پ، ۷۰ پ–۷۱ ر؛ نصیرالدین طوسی، زیج، دست‌نویس ۱۶۳، گ ۵۷ پ؛ ابوالعقول، گ ۹۲ پ–۹۳ ر) تنظیم کرده‌است.

ابوالعقول جز اشاره‌ای کلی به بهره‌گیری از جدول‌های زیج حاکمی در آغاز بخش جدول‌های زیجش (همان، گ ۶۸ ر) _ که معلوم نیست دربارهٔ همهٔ جدول‌هایش صادق باشد _ دربارهٔ بهره‌گیری از ستارگان زیج حاکمی چیزی نگفته‌است؛ اما با توجه به اختلاف یکسان طول‌ها در آن و زیج ایلخانی

33. α Ori
34. α Tauri
35. α Aql

۳۶. کینگ حتی با استناد به فهرست‌نگار کتابخانهٔ آمبروزیانا در میلان (Griffini, 125) به یادکرد عبارت «جایگاه قلب الاسد چنان که ابن یونس ...به رصد در ۳۷۲ یزدگردی یافته»، آن‌هم در رساله‌ای بی‌نام و نشان در مجموعه‌ای از آثار احکامی استناد کرده است.

۳۷. از این گذشته این یادداشت به خط کاتب نیست و یکی از دارندگان دانشور این دست‌نویس (چه بسا تقی الدین راصد یا ابن ابی الفتح صوفی، دربارهٔ تملک این دو بر دست‌نویس نک تصویر ۱) باید آن را نوشته باشد؛ زیرا به‌دست آوردن آن کار اهل فنّ و نه کاتبان معمولی است.

(یعنی °۰۲;۵۱، متناسب با ۲۰۰ سال فاصلهٔ مبنای این دو و به ازای ۱ درجه در هر ۷۰٫۲۵ سال) می‌توان ــ همچنان که کینگ (King, *The Astronomical Works*, 298، *Mathematical Astronomy ... Survey*, 30-31؛ King et al., 49-50) یادآور شده‌است ــ در این بهره‌گیری بی‌گمان بود. اما نکته در این‌جاست که حتی از جدول کینگ (جدول ۴) (و نیز جدول ۵) طول دایرةالبروجی قلب الاسد تنها برای پایان ۳۷۲ (با تقریب کمتر از دقیقه) برابر با مقدار یادشده در جدول و برای آغاز آن، «یک دقیقه» کمتر به دست می‌آید.

جدول ۵- جایگاه قلب الاسد نسبت به اول برج اسد و سرعت حرکت ثانیهٔ فلک ثوابت بر پایهٔ داده‌های باب ۵ زیج حاکمی

رصدگر	یزدگردی	قمری	میلادی	جایگاه	در ۳۷۳#	یک درجه در چند سال٪
۱. هیپارخوس*	-۷۵۸	-	-۱۲۷	-۰۰;۱۰	۱۵;۵۵'۵۸	۷۰٫۳۱۳
۲. هیپارخوس*	-۷۵۷	-	-۱۲۶	-۰۰;۱۰	۱۵;۵۵'۰۷	۷۰٫۲۵۳
۳. بطلمیوس*	-۴۹۲	-	۱۳۹	۰۲;۳۰	۱۴;۴۸'۴۷	۶۴٫۴۷۲
۴. اصحاب ممتحن (از زیج ابومعشر)	۱۹۵	۲۱۱	۸۲۶	۱۳;۳۰	۱۶;۰۲'۰۱	۷۳٫۶۵۵
۵. اصحاب ممتحن بغداد در حضور مأمون (از رسالهٔ حبش دربارهٔ رصدهای بغداد)	۱۹۸	۲۱۴	۸۲۹	۱۳;۰۹	۱۵;۳۸'۲۷	۶۳٫۲۵۳
۶. حبش در زیج عربی (مطابق با: حبش حاسب، زیج، گ ۱۹۲ ر)	۱۹۸	۲۱۴	۸۲۹	۱۳;۰۰	۱۵;۲۹'۲۷	۶۰٫۰۰۰
۷. سنة الشمس (در متن اصلی: ۱۹۹ یزدگردی)	۱۹۸	۲۱۴	۸۲۹	۱۳;۰۰	۱۵;۲۹'۲۷	۶۰٫۰۰۰
۸. رصدگران دمشق (از رسالهٔ حبش دربارهٔ رصد دمشق)	۲۰۱	۲۱۷	۸۳۲	۱۳;۱۵	۱۵;۴۱'۵۴	۶۴٫۵۰۰
۹. خالد بن عبدالملک با حضور سند بن علی و عباس بن سعید جوهری	۲۰۱	۲۱۷	۸۳۲	۱۳;۴۲'۱۰	۱۶;۰۹'۰۴	۷۷٫۶۹۱
۱۰. احمد و محمد بن موسی (از آن‌ها نقل شده‌است)	۲۰۹	۲۲۵	۸۴۰	۱۳;۴۹'۴۰	۱۶;۰۹'۴۴	۷۸٫۵۱۱
۱۱. احمد و محمد بن موسی$	۲۱۶	۲۳۲	۸۴۷	۱۳;۵۵'۵۵	۱۶;۱۰'۰۰	۷۹٫۱۰۴
۱۲. احمد و محمد بن موسی در زیجشان	۲۱۹	۲۳۵	۸۵۰	۱۳;۲۷	۱۵;۳۸'۳۱	۶۳٫۶۴۹
۱۳. ماهانی	۲۳۰	۲۴۷	۸۶۱	۱۴;۰۶	۱۶;۰۸'۰۸	۷۸٫۷۱۶
۱۴. محمد بن احمد بن یوسف سمرقندی	۲۳۴	۲۵۱	۸۶۵	۱۳;۴۰	۱۵;۳۸'۴۳	۶۱٫۷۷۸
۱۵. خاندان اماجور (از سعید بن خفیف سمرقندی)	۲۸۶	۳۰۴	۹۱۷	۱۴;۱۷	۱۵;۳۱'۱۸	۵۳٫۲۶۵
۱۶. خاندان اماجور در الزیج البدیع	۲۸۸	۳۰۶	۹۱۹	۱۴;۳۲	۱۵;۴۴'۳۵	۶۱٫۴۴۶
۱۷. ابن اعلم	۳۴۴	۳۶۴	۹۷۵	۱۵;۰۶	۱۵;۳۰'۴۶	۳۵٫۵۱۰
۱۸. ابن یونس (برای پایان ۳۷۲ / آغاز ۳۷۳)	۳۷۳	۳۹۴	۱۰۰۴	۱۵;۵۵	۱۵;۵۵	
۱۹. ابن یونس (به هنگام شده توسط ابوالعقول)	۴۰۱	۴۲۳	۱۰۳۲	۱۶;۱۹	۱۵;۵۵'۰۵	
۲۰. ابن یونس (به‌هنگام شده توسط نصیرالدین)	۶۰۱	۶۲۹	۱۲۳۲	۱۹;۱۰	۱۵;۵۵'۱۶	

داده‌ها برپایهٔ گزارش ابن یونس (گ ۵۴ ر-۵۵ پ) تنظیم و با منابع دیگر (نصیرالدین طوسی، زیج، دست‌نویس ۱۶۳، گ ۵۷ پ؛ ابوالعقول، گ ۹۲ پ) تکمیل شده‌است.

#. یعنی با مبنا گرفتن این رصد و سرعت ۱ درجه در هر ۷۰٫۲۵ سال، طول قلب الاسد در آغاز ۳۷۳ چه خواهد بود. در صورتی که اعداد این ستون برای دو رصد به هم نزدیک باشند (مانند ردیف‌های ۵، ۱۲، ۱۴) بدین معنی است که «اگر» رصدگر بعدی، رصد پیشین را مبنا می‌گرفت به همان نتیجهٔ ۱ درجه در هر ۷۰٫۲۵ سال ابن یونس می‌رسید، اما برخلاف نظر گیاهی یزدی (ص ۸) تا خود رصدگر بدین نکته تأکید نکرده باشد، نمی‌توان نتیجهٔ محاسبات مختلف را دستاورد او انگاشت .

٪. یعنی با مبنا گرفتن این رصد و رصد ابن یونس (با فرض در آغاز ۳۷۳) سرعت هر چند سال یزدگردی، یک دقیقه است.

*. این سه ردیف در گزارش ابن یونس نیست. ردیف ۱ و ۳ برگرفته از مجسطی بطلمیوس است. پیداست که ابن یونس این‌جا نیز رصد هیپارخوس را مبنا گرفته‌است. اما با در نظر گرفتن آن طول قلب الاسد در ۴۰۱ و ۶۰۱، یک دقیقه بیش از مقدار یادشده در جدول‌ها و البته مقدار مورد بحث برای قلب الاسد مناسب آغاز ۳۷۲ ق می‌شود. چه بسا ابن یونس سال رصد هیپارخوس را یک سال پس از آنچه باید گرفته باشد. ردیف ۲ با همین فرض افزوده شده و با در نظر گرفتن آن، همهٔ اعداد یادشده و نیز سرعت مطابق انتظار است.

$. در دست‌نویس لایدن (گ ۵۴ پ، سطر ۱۱) نتیجه «بج ن یه» °۱۳;۵۰,۱۵ آمده‌است که با توجه به اشارهٔ ابن یونس به افزایش °۰۰;۰۶,۱۵ در ۷ سال (نسبت به رصد پیشین) و محاسبات بعدی، بی‌گمان نادرست و «بج یه نه» (یادشده در جدول) درست است.

ابن یونس دربارهٔ سازگاری و ناسازگاری این رصدها با یکدیگر به تفصیل بحث کرده‌است. برای نمونه یادآور شده‌است که ابن اعلم حرکت ثانیه را هر ۷۰ سال یک‌درجه می‌دانست و با این سرعت، رصد او و حبش با هم سازگار است (البته با چشم‌پوشی از ۱ دقیقه و از مقایسهٔ این دو سرعت هر ۶۸٫۵۷ سال یک درجه به دست می‌آید). نیز آورده‌است که رصد ۱۲ با رصد ۵ سازگار است چون مقدار رصد ۱۲ در ۱۹۸ یزدگردی همان °۱۳;۰۹ و در ۲۰۰ یزدگردی °۱۳;۱۱ به دست می‌آید. البته این محاسبات تنها با فرض ۱ درجه در هر ۷۰٫۲۵ سال سازگار است.

اما نکتهٔ مهم‌تر، که کینگ بدان نپرداخته، نایکسانی اختلاف طول این ۴ ستاره در زیج حاکمی و دو زیج دیگر است در حالی که برای هر ۴ ستاره، با فرض ۱ درجه در ۷۰٫۲۵ سال، باید °۰۰;۲۵ و °۰۳;۱۶ برای آغاز ۳۷۲ یا °۰۰;۲۴ و °۰۳;۱۵ برای پایان آن باشد)؛ مگر آن که ابن یونس در متن زیج طول‌هایی جز طول‌های یادشده در جدول خود آورده باشد؛ یا نصیرالدین و ابوالعقول هر دو جدول خود را از دست‌نویس‌هایی با تبار یکسان و دارای اغلاطی مشترک، یا منبع واسطه‌ای یکسان برگرفته باشند.

گیاهی یزدی (Giahi Yazdi, 106) پیش‌تر برپایهٔ گزارش ابن یونس جدولی برای طول دایرةالبروجی قلب الاسد تنظیم کرده؛ اما در آن اشتباهات کاتب اصلاح نشده‌است (از جمله اشتباه اصلاح شده در ردیف ۱۱ در جدول ۵ مقالهٔ حاضر). از سه رصدی که او به نام حبش ثبت کرده، تنها نخستین آن‌ها درست، و یادکرد دو دیگر پی‌آمد دریافت نادرست سخن ابن یونس است. در این دو مورد ابن یونس نتایج رصدهای بنوموسی را به سال ۲۰۰ یزدگردی انتقال داده و با گزارش‌های حبش مقایسه کرده‌است (برای یک مورد نک توضیح پایانی جدول ۵).

جدول ۶- طول دایرةالبروجی اوج خورشید در منابع ابن یونس و سرعت جابه‌جایی آن بر پایهٔ مقایسهٔ رصد او و آنان

رصدگر	یزدگرد	قمری	میلادی	اوج (درجه)	۱ درجه در چند سال	ارجاع
رصد ایرانی نخست*	۱۵۹-	-	۴۷۰	۷۷;۵۵	۶۴٫۳۶	گ ۶۳ ر
رصد ایرانی دوم*	۱-	-	۶۳۰	۸۰;۰۰	۶۰٫۴۹	گ ۶۳ ر
ممتحن بغداد	۱۹۸	۲۱۴	۸۲۹	۸۲;۳۹	۴۹٫۴۸	گ ۲ ر، ۴۴ پ
یحیی بن ابی منصور	۱۹۹	۲۱۵	۸۳۰	۸۲;۳۹	۴۹٫۱۹	گ ۴۶ پ، ۶۱ ر
ممتحن دمشق	۲۰۱	۲۱۷	۸۳۲	۸۲;۰۱۳۷	۴۱٫۳۱	گ ۲ ر
محمد و احمد بن موسی	۲۱۶	۲۳۲	۸۴۷	۸۰;۲۴'۱۷	۲۷٫۰۷	گ ۵۳ ر
احمد بن موسی در زیجش	۲۲۰	۲۳۵	۸۵۱	۸۴;۳۳	۹۴٫۰۲	گ ۵۳ ر-۵۳ پ، ۶۳ ر
بتانی	۲۵۱	۲۶۸	۸۸۲	۸۲;۱۴	۳۰٫۷۶	گ ۵۳ پ
مفلح بن یوسف	ح۲۸۰	۲۹۸	ح۹۱۱	۸۴;۰۵	۴۴٫۱۶	گ ۵۳ پ
ابن یونس	۳۷۲	۳۹۳	۱۰۰۳	۸۶;۱۰	-	گ ۶۱ ر، ۶۳ پ

*. ابن یونس یگانه گزارش‌گر این دو رصد است (برای تفصیل و منابع بیشتر نک: کرامتی، «تاریخ رصدگری در ایران»، ۱۷۵-۱۷۱) ابن یونس سال رصدهای بتانی و مفلح (بندهٔ آزاد شدهٔ ابوالحسن ابن اماجور) را یاد نکرده‌است. سال رصد بتانی بسیار پرآوازه است و سال رصد مفلح، هر عددی میان ۲۷۰- ۳۲۰ ق (تاریخ رصدهای خاندان اماجور) فرض شود باز هم عددی قابل اعتنا / اعتماد برای سرعت حرکت اوج به دست نمی‌آید.

بطلمیوس جایگاه اوج کواکب سیاره را ثابت می‌انگاشت؛ اما دیری نپایید که اخترشناسان با رصدهایشان دربارهٔ جابه‌جایی نقطهٔ اوج بی‌گمان شدند و بسیاری این حرکت را هم‌چند حرکت ثانیهٔ فلک ثوابت، یعنی دارای سرعتی ثابت در جهت توالی بروج انگاشتند. کینگ بر آن است که ابن یونس «همهٔ داده‌های مورد نیاز برای نشان دادن نایکسانی سرعت حرکت اوج خورشید و حرکت تقدیمی در اختیار داشت، اما تصمیم گرفت» هر دو را یکسان بگیرد (King, "Islamic Astronomy", 153، نیز: Ibn Yūnus, ... 1976", 577، "Aspects", 503")؛ اما با نگاهی به جدول ۶ می‌توان دریافت ناسازگاری داده‌های در دسترس ابن یونس چنان بود که او «نمی‌توانسته‌است» نتیجه‌ای شایان اعتماد از آن‌ها به دست آورد و چاره‌ای جز این نداشته. البته او با کنار گذاشتن چند داده، روند تغییر طول

دایرةالبروجی اوج خورشید را افزایشی انگاشته، که گرچه چنین است، اما با در نظر گرفتن همهٔ داده‌ها، حتی روند افزایشی نیز قابل اثبات نیست. ابن یونس در همین‌جا (۶۳ پ)، جایگاه اوج دیگر کواکب سبعه را نیز در آغاز ۳۷۲ یزدگردی یاد کرده‌است.

۸. میل اعظم

در گذشته رایج‌ترین روش برای اندازه‌گیری میل اعظم، رصد نیم‌روزی ارتفاع خورشید در هر دو انقلاب تابستانی و زمستانی در یک رصدگاه بود (برای روش کار نک: کرامتی، «اندازه‌گیری میل اعظم»، ۱۷۴-۱۷۶). ابن یونس در آغاز این باب شماری از رصدهای دو انقلاب برای اندازه‌گیری میل اعظم و گاه تنها مقدار به دست‌آمده از میل اعظم را یاد کرده‌است (نک جدول ۷).

جدول ۷- رصدهای انقلاب یادشده در باب ۱۱ زیج حاکمی برای اندازه‌گیری میل اعظم (مگر رصدهای یونانی)

رصدگر	رصدگاه	انقلاب	قمری	یزدگردی	میلادی	JD	میل (درجه)
۱. احمد نهاوندی	جندی‌شاپور		ح ۱۷۵؟	ح ۱۶۰؟	ح ۷۹۱؟		۲۳;۳۱
۲. یحیی بن ابی منصور	بغداد	تابستانی	۲۱۳۰۳۳۰	۱۹۷۰۲۲۱	۸۲۸۰۶۱۷	۲۰۲۳۶۵۳	۲۳;۳۳
		زمستانی	۲۱۳۱۰۰۵	۱۹۷۰۸۲۴	۸۲۸۱۲۱۷	۲۰۲۳۸۳۶	
۳. ماهانی	سامرا	تابستانی	۲۴۳۰۲۱۹	۲۲۶۰۲۲۸	۸۵۷۰۶۱۷	۲۰۳۴۲۴۵	۲۳;۳۵'۳۰
		زمستان	۲۴۳۰۸۲۴	۲۲۶۰۸۳۰	۸۵۷۱۲۱۶	۲۰۳۴۴۲۷	
۴. احمد و محمد بن موسی	سامرا	تابستانی	۲۴۳۰۲۱۹	۲۲۶۰۲۲۸	۸۵۷۰۶۱۷	۲۰۳۴۲۴۵	۲۳;۳۴'۳۰
		زمستانی	۲۴۳۰۸۲۴	۲۲۶۰۸۳۰	۸۵۷۱۲۱۶	۲۰۳۴۴۲۷	
		زمستانی	۲۴۵۰۹۱۸	۲۲۸۰۸۳۱	۸۵۹۱۲۱۷	۲۰۳۵۱۵۸	
۵. احمد و محمد بن موسی	بغداد	زمستانی	۲۵۴۱۲۲۶	۲۳۷۰۸۳۳	۸۶۸۱۲۱۶	۲۰۳۸۴۴۵	۲۳;۳۵
		تابستانی	۲۵۵۰۷۰۳	۲۳۸۰۳۰۱	۸۶۹۰۶۱۷	۲۰۳۸۶۲۸	
۶. بتانی	رقّه	تابستانی	۲۶۸۱۱۲۷	۲۵۱۰۳۰۵	۸۸۲۰۶۱۸	۲۰۴۳۳۷۷	۲۳;۳۵
		زمستانی	۲۶۹۰۶۰۲	۲۵۱۰۹۰۲	۸۸۲۱۲۱۷	۲۰۴۳۵۵۹	
۷. ابن اعلم	شیراز؟		ح ۳۵۰؟	ح ۳۳۰؟	ح ۹۶۱؟		۲۳;۳۴'۰۲
۸. ابن یونس	قاهره	زمستانی	۳۶۶۰۴۲۱	۳۴۵۰۹۲۵	۹۷۶۱۲۱۶	۲۰۷۷۸۹۲	۲۳;۳۵'۰۰
		تابستانی	۳۶۶۱۰۲۶	۳۴۶۰۳۲۷	۹۷۷۰۶۱۶	۲۰۷۸۰۷۴	

۱. ابن یونس (گ ۱۱۲ ر-۱۱۳ ر، نیز ۲ ر، ۵۰ ر، ۵۳ پ) یگانه گزارش‌گر رصدهای ۱، ۳ و ۷ (البته ۱ و ۷ بی‌یادکرد جزئیات) است (برای رصدهای دیگر نیز نک: بیرونی، تحدید، ۹۰، ۹۴-۹۶، همو، القانون، ۳۶۳-۳۶۴؛ خازمی، گ ۴ ر-۴ پ؛ نسوی، الاشباع، دست‌نویس احمد سوم، گ ۲۰۹ پ، همو، همان، دست‌نویس لایدن، گ ۵۰ پ؛ بتانی، ۱۸، ۶۳؛ برای جزئیات رصدها نک: کرامتی، «اندازه‌گیری میل اعظم»، ۱۸۰-۱۹۴).
۲. تاریخ رصدهای ابن یونس برپایهٔ گمان نگارنده آمده (نک همین بخش) و تاریخ قمری آن همچون بیشتر تاریخ‌هایی که خود او یاد کرده، قراردادی نجومی است.
۳. تاریخ تقریبی رصد ابن اعلم نیز با فرض تقدم این رصد بر دیگر رصدهای اوست.

ابن یونس بی یادکرد تاریخ آورده‌است که با بهره‌گیری از ابزارهای [ساخته شده با پشتیبانی] خلیفهٔ فاطمی مصر، العزیز بالله ابومنصور نزار (خلافت: ۳۶۵-۳۸۶ ق)، کم‌ترین و بیشترین ارتفاع نیم‌روزی «مصحح» (با لحاظ اختلاف منظر) را در انقلاب زمستانی و تابستانی $36;21,30^\circ$ و $83;31,30^\circ$ و از آنجا میل اعظم را $23;35^\circ$ یافته و همین را در زیج خود به کار برده و البته برای دل‌آسودگی از درستی این اندازه‌ها، بارها ارتفاع بی‌سمت خورشید را در انقلاب‌های تابستانی و زمستانی اندازه گرفته‌است (گ ۱۱۳ ر). و چون این رصد باید پیش از رصدهای دیگر انجام شود (نک پیش‌تر: رصدهای مبنای

نگارش)، نخستین رصدهای ابن یونس از این انقلاب‌ها نیز گویا پس از آغاز خلافت العزیز و پیش از نخستین رصد تاریخ‌دار ثبت‌شدهٔ او، یعنی رصد خورشیدگرفت ۲۸ صفر ربیع الثانی ۳۶۷ ق (نک جدول ۱ ردیف ۱۵)، پس در ربیع الثانی و شوال ۳۶۶ ق به انجام رسیده باشد (تاریخ‌های این رصد در ردیف پایانی جدول ۷، بر پایهٔ همین گمان است).

۹. عرض سیارات (باب ۳۸)

این باب نیز همچون باب‌های ۴ و ۵، داده‌هایی مهم از آثار گم‌شدهٔ اخترشناسان پیشین در بر دارد. به‌ویژه از قول ابوالحسن علی بن اماجور آورده‌است که او برای بیشینهٔ عرض ماه رصدهای بسیار کرد اما هر بار به نتیجه‌ای متفاوت رسید. ابن یونس بیشینهٔ عرض ماه را $5;03^{\circ}$ به دست آورده‌است (گزیدهٔ زیج حاکمی، گ ۸۴ ر–۸۵ ر).

نتایج

واکنش ابن یونس در زیج حاکمی به نقدهای بدخواهان بر رصدهای یک‌تنهٔ او، موجب شد اثری بسیار فراتر از اثری فنّی پدید آید. او برای آنکه پرداختن به رصد یک‌تنه را انتخابی آگاهانه بنمایاند، نقد روشمند و مستند زیج ممتحن[۳۸] را در پیش گرفت و خود را پیرو سنتی کهن انگاشت که اخترشناسانی چون ابرخس و بطلمیوس از نامداران آن بودند.

داده‌هایی که ابن یونس در ضمن این نقدها فراهم و بر خواننده عرضه کرد، زیج حاکمی را به منبعی کم‌مانند برای تاریخ‌نگاری متون گمشده و شناخت لایه‌های درونی سنت نجومی سده‌های سوم و چهارم قمری تبدیل کرده‌است؛ چندان‌که می‌توان گفت از این نگاه، تنها آثار ابوریحان بیرونی ارزشی کمابیش هم‌چند زیج حاکمی دارند. در این میان گزارش یگانهٔ ابن یونس از رصدهای ایرانی روزگار ساسانی و رصدهایی در جندی‌شاپور و به‌ویژه سمرقند و نیشابور شایان درنگ بیش‌تر است؛ زیرا حتی در آثار موجود ابوریحان بیرونی، به‌رغم نزدیکی جغرافیایی او به این مناطق (به ویژه دربارهٔ سمرقند و نیشابور) و چیره‌دستی بی‌گفت‌وگوی وی در دست‌یابی به منابع کهن و نو و بهره‌گیری از آن‌ها، چنین داده‌هایی نیامده‌است.

تحلیل دقیق واژگان گزارش‌های ابن یونس نشان از آن دارد که او رصدهایش را بیش‌تر در رصدگاهی شخصی و گاه در مکان‌هایی عمومی (در همهٔ نمونه‌های در دست: مسجد) انجام می‌داده‌است. او در گزارش‌های خود از به‌کارگیری ابزارهای بزرگ‌مقیاس ــ که معمولاً در رصدخانه‌ها نصب می‌شوند ــ یا از رصد در جایی شایستهٔ اطلاق عنوان رصدخانه، یادنکرده و همواره از ابزارهای دستی سخن گفته‌است. گرچه دست‌کم یکی از این ابزارها، یعنی اسطرلاب ساخته حامد بن علی واسطی، به عنوان ابزاری دستی، می‌توانست بسیار کارآمد باشد، اما بازهم دقت آن نمی‌توانست با دقت

۳۸. بزرگ‌ترین دستاورد رصدهای گروهی تا روزگار ابن یونس و دست‌کم تا روزگار رصدهای مراغه.

محتمل ابزارهای بزرگ‌مقیاس برابری کند. با این همه باز هم ابن یونس از تصحیح عرض جغرافیایی قاهره، آن هم نزدیک به یک درجه سخن گفته‌است و از این‌جا می‌توان دریافت پیش از وی هیچ اخترشناس چیره‌دستی در قاهره به کار مشغول نبوده‌است. به رغم این تفاوت چشم‌گیرِ میان ابن یونس و پشینیان و معاصرانش، تاریخ‌نگاران از اخترشناسانی دیگر به عنوان سرپرست اخترشناسان دستگاه فاطمی نام برده‌اند. همهٔ این‌ها ما را به بازنگری در پنداشت‌های رایج از زیرساخت‌های علم نجوم عصر فاطمی وامی‌دارد. به طور مشخص، بهرهٔ گویا اندک ابن یونس از رصدخانه‌ای دولتی و مجهز، به‌ویژه در عصر الحاکم نکته‌ای است که باید همراه با آنچه تاریخ‌نگاران از چیره‌دستی الحاکم در نجوم و البته بدگمانی او به اخترشماران در سال‌های پایانی خلافتش گفته‌اند، بیش‌تر و ژرف‌تر بررسی شود.

گزارش ابن یونس از اندازه‌گیری طول یک‌درجه از نصف النهار (و از آن‌جا: اندازه‌گیری قطر زمین) کهن‌ترین منبع واسطه میان پژوهشگران و گزارش‌های دست اول این اندازه‌گیری است. تفاوت روایت او از گزارش حبش حاسب، با گزارش حبش در آثار موجودش، شایان درنگ بیش‌تر است. چندگانگی در یادکرد نتایج در دیگر واسطهٔ کهن میان پژوهشگران و گزارش‌های اصلی، یعنی در آثار ابوریحان نیز دیده می‌شود و همهٔ این‌ها ما را به بررسی بیش‌تر این موضوع وامی‌دارد.

دقت کم‌مانند ابن یونس در زمان‌سنجی و اندازه‌گیری موجب شد داده‌های رصدی حتی برای اخترشناسان مدرن نیز ارزشمند انگاشته شود. رصدهای او از گرفت‌ها و قران‌ها از کم‌شمار داده‌های رصدی دورهٔ اسلامی است که در اخترشناسی نوین برای محاسبهٔ تغییرات سرعت حرکت اجرام آسمانی در درازمدت، به‌ویژه در اندازه‌گیری شتاب سدگانی ماه به کار آمد. البته اشکالات نه‌چندان کم‌شمار دست‌نویس لایدن زیج حاکمی، شماری از گزارش‌های ابن یونس را عملاً در این گونه محاسبات غیرقابل استفاده کرده‌است. هر چند گویا شماری اندک از این اشکالات، پی‌آمد شتاب آشکار خود ابن یونس در تدوین و تنظیم نهایی زیج حاکمی باشد.

ابن یونس با گردآوری نتایج اخترشناسان پیشین از مقدار وسط الشمس و مقایسهٔ آن با نتایج رصدهای خود از اعتدال‌ها، بر خطای چشم‌گیر راه‌یافته در رصدهای اعتدالی بطلمیوس و ضرورت کنار گذاشتن آن‌ها و بهره‌گیری از رصدهای ابرخس پای‌فشرد و مقدار خطای ناشی از تکیه بر بطلمیوس را، البته برای روزگار خود، به دقت مشخص کرد. ابن یونس البته نخستین کاشف این خطا نبود زیرا در یکی از منابع او، یعنی سنة الشمس نیز به این نکته اشاره شده‌است.

ابن یونس با بررسی رصدهای پیشین طول دایرة البروجی قلب الاسد و جایگاه اوج کواکب و البته رصدهای خود، سرعت حرکت ثانیهٔ فلک ثوابت (به تعبیر امروزین: حرکت تقدیمی) و جابه‌جایی اوج خورشید و دیگر کواکب را «یک درجه در هر ۷۰٫۲۵ » به دست آورد که تا مدت‌ها دقیق‌ترین مقدار به دست آمده بود. او با این داده‌ها نمی‌توانست به تفاوت اندک میان سرعت این دو حرکت پی برد.

ابن یونس کهن‌ترین سیاههٔ شناخته شده از رصدگران میل اعظم / کلّی (=میل دایرةالبروج) را فراهم آورد. این سیاهه چه از نظر شمار و چه از نظر تفصیل و یادکرد جزئیات با گزارش بیرونی یارای برابری ندارد؛ اما ابن یونس از ۳ رصد میل اعظم یاد کرده که در گزارش بیرونی نیامده‌است.

Reference (including transcribed/translated titles)

Abridgment of al-Zīj al-Ḥākimī, Bibliothèque nationale de France, arabe 2496.2 (ff. 10r–107v), https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b108843070. (in Arabic)

Abū al-Fidāʾ, ʿImād al-Dīn Ismāʿīl b. ʿAlī, *al-Mukhtaṣar fī akhbār al-bashar*, Cairo: al-Maṭbaʿa al-Ḥusaynīya al-Miṣrīya, 1907 / 1325 AH. (in Arabic)

Abū al-ʿUqūl, Muḥammad b. Aḥmad, *al-Zīj al-mukhtār min al-azyāj*, British Library, Or. 3624, https://www.qdl.qa/download/pdf/81055_vdc_100049326410.0x000001_en.pdf. (in Arabic)

al-Bakrī, Abū ʿUbayd ʿAbd Allāh b. ʿAbd al-ʿAzīz, *al-Masālik wa-l-mamālik*, eds. A. van Leeuwen and A. Ferre, Tunis: al-Dār al-ʿArabīya lil-Kitāb; Bayt al-Ḥikma, 1992. (in Arabic)

al-Battānī, Abū ʿAbd Allāh Muḥammad b. Jābir b. Sinān al-Ḥarrānī, *Opus astronomicum*, ed. C. A. Nallino, Milan: Ulrico Hoepli, 1899. (in Arabic)

al-Bīrūnī, Abū Rayḥān Muḥammad b. Aḥmad, *Canon Masudicus* (*al-Qānūn al-Masʿūdī*), Hyderabad Deccan: Dāʾirat al-Maʿārif al-ʿUthmānīya, 1954-1956 / 1373-1375 AH. (in Arabic)

al-Bīrūnī, Abū Rayḥān Muḥammad b. Aḥmad, *Epître de Bērūnī contenant le répertoire des ouvrages de Muḥammad b. Zakarīyā ar-Rāzī*, ed. P. Kraus, Paris: Imprimerie orientaliste au Calame - Librairie orientale et américaine G. P. Maisonneuve, 1936. (in Arabic)

al-Bīrūnī, Abū Rayḥān Muḥammad b. Aḥmad, *The Book of Instruction in the Elements of the Art of Astrology*, Staatsbibliothek zu Berlin, Petermann I 67 (5665 in Ahlwardt catalogue), https://digital.staatsbibliothek-berlin.de/werkansicht?PPN=PPN646183893. (in Arabic)

al-Bīrūnī, Abū Rayḥān Muḥammad b. Aḥmad, *The Book of Instruction in the Elements of the Art of Astrology*, ed. J. al-Dīn Humāyī, Tehran: Anjuman-i Āthār-i Millī, 1973 / 1352 SH. (in Persian)

al-Bīrūnī, Abū Rayḥān Muḥammad b. Aḥmad, *The Determination of the Coordinates of Positions for the Correction of Distances Between Cities*, ed. P. G. Bulgakov, Cairo, 1962. (in Arabic)

al-Bīrūnī, Abū Rayḥān Muḥammad b. Aḥmad, "Treatise on Opening the Way towards Using the Different Kinds of Astrolabes", *Two Treatises on the Astrolabe*, ed. P. Rezvani, Frankfurt: Institute for the History of Arabic-Islamic Science, 2020. (in Arabic)

al-Dhahabī, Shams al-Dīn Abū ʿAbd Allāh Muḥammad b. Aḥmad b. ʿUthmān, *Siyar aʿlām al-nubalāʾ*, eds. S. Arnaʾūṭ and Others, Beirut: Muʾassasat al-Risāla, 1981-1988 / 1401-1409 AH. (in Arabic)

al-Dhahabī, Shams al-Dīn Abū ʿAbd Allāh Muḥammad b. Aḥmad b. ʿUthmān, *Tārīkh al-Islām wa-wafayāt al-mashāhīr wa-l-aʿlām*, ed. B. ʿAwwād Maʿrūf, Beirut: Dar al-Gharb al-Islami, 2003 / 1424 AH. (in Arabic)

al-Khafrī, Shams al-Dīn Muḥammad b. Aḥmad, *al-Takmila fī sharḥ al-Tadhkira*, India Office Library (British Library), IO Islamic 1715, https://www.qdl.qa/en/archive/81055/vdc_100046777069.0x000001. (in Arabic)

al-Khāzimī, Abū ʿAbd Allāh Muḥammad b. Aḥmad al-Saʿīdī, *al-Majisṭī [Multaqaṭāt]*, Istanbul University Library, 314.1 Arabic (ff. 1v–48r), http://nek.istanbul.edu.tr:4444/ekos/AY/nekay00314-01.pdf. (in Arabic)

al-Maghribī, Muḥyī al-Dīn Yaḥyā b. Muḥammad b. Abī al-Shukr, *Khulāṣat al-Majisṭī*, Leiden University Library, Or. 110, http://hdl.handle.net/1887.1/item:3359021. (in Arabic)

al-Maqrīzī, Aḥmad b. ʿAlī, *al-Mawāʿiẓ wa-l-iʿtibār bi-dhikr al-khiṭaṭ wa-l-āthār*, ed. K. al-Manṣūr, Beirut: Dar al-Kotob al-Ilmiya, 1998 / 1418 AH. (in Arabic)

al-Masʿūdī, Abū al-Ḥasan ʿAlī b. al-Ḥusayn b. ʿAlī, *Murūj al-dhahab wa-maʿādin al-jawhar*, ed. C. Pellat, Beirut: Lebanese University, 1965-1974. (in Arabic)

al-Nasawī, Abū al-Ḥasan ʿAlī b. Aḥmad, *al-Ishbāʿ fī sharḥ al-shakl al-qaṭṭāʿ*, Topkapı Sarayı Library (Ahmed III collection), 3464.14 (ff. 199v–222v). (in Arabic)

al-Nasawī, Abū al-Ḥasan ʿAlī b. Aḥmad, *al-Ishbāʿ fī sharḥ al-shakl al-qaṭṭāʿ*, Leiden University Library, Or. 556.4 (ff. 40v–63v). (in Arabic)

al-Nuwayrī, Aḥmad b. ʿAbd al-Wahhāb, *Nihāyat al-arab fī funūn al-adab*, Beirut: Dar al-Kotob al-Ilmiya, 2004 / 1424 AH. (in Arabic)

al-Ṣafadī, Khalīl b. Aybak, *al-Wāfī bi-l-wafayāt*, eds. H. Ritter and S. Dedering, Stuttgart - Wiesbaden: Franz Steiner, 1962-2013. (in Arabic)

al-Ṭūsī, Naṣīr al-Dīn Abū Jaʿfar Muḥammad b. Muḥammad b. al-Ḥasan, *Zīj-i Īlkhānī*, Bibliothèque nationale de France, Persan 163, https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b8410891x. (in Persian)

al-Yāfiʿī, Abū Muḥammad ʿAbd Allāh b. Asʿad, *Mirʾāt al-janān wa-ʿibra al-yaqẓān fī maʿrifat mā yuʿtabar min ḥawādith al-zamān*, ed. K. Manṣūr, Beirut: Dar al-Kotob al-Ilmiya, 1997 / 1417 AH. (in Arabic)

al-Kātib al-Iṣfahānī, ʿImād al-Dīn Abū Ḥāmid Muḥammad b. Aḥmad, *al-Bustān al-jāmiʿ li-jamīʿ tawārīkh ahl al-zamān*, ed. ʿUmar ʿAbd al-Salām Tadmurī, Beirut: al-Maktaba al-ʿAṣrīya, 2002 / 1423 AH. (in Arabic)

al-Zīj al-Maʾmūnī al-mumtaḥan (attributed to Yaḥyā b. Abī Manṣūr), Real Biblioteca del Monasterio de El Escorial, MS no. 927 in Derenbourg catalogue (no. 922 in Casiri catalogue). (in Arabic)

Barani, Sayyid Hasan, "Muslim Researches in Geodesy", *Al-Bīrūnī Commemoration Volume*, Calcutta: Iran Society, 1951, 1-52.

Bohloul, Hamid, *Sullam al-samāʾ: A Critical Edition, Translation and Study*, Tehran: University of Tehran, 2008 / 1386 SH. (in MA thesis in History of Science)

Caussin de Perceval, Jean-Jacques-Antoine, "Le Livre de la grande table Hakémite observée par ... ebn lounis", *Notice et extraits des manuscrits de la Bibliothèque nationale et autre bibliothèques*, vol. 7, 1804, 16-240.

Espenak, Fred, and Jean Meeus, *Five Millennium Canon of Lunar Eclipses: –1999 to +3000 (2000 BCE to 3000 CE)*, Maryland: NASA, 2009.

Espenak, Fred, and Jean Meeus, *Five Millennium Canon of Solar Eclipses: –1999 to +3000 (2000 BCE to 3000 CE)*, Maryland: NASA, 2007.

Espenak, Fred, and Jean Meeus, *Five Millennium Catalog of Lunar Eclipses: –1999 to +3000 (2000 BCE to 3000 CE)*, Maryland: NASA, 2009.

Espenak, Fred, and Jean Meeus, *Five Millennium Catalog of Solar Eclipses: –1999 to +3000 (2000 BCE to 3000 CE)—Revised*, Maryland: NASA, 2009.

Giahi Yazdi, Hamid-Reza, "Ibn Yūnus' Report on Early Islamic Observations for Determining the Rate of Precession of Equinoxes", *Suhayl. International Journal for the History of the Exact and Natural Sciences in Islamic Civilisation*, vol. 15, 2017, 101-112.

Griffini, Eugenio, "Lista dei manoscritti arabi nuovo fondo della biblioteca Ambrosiana di Milano (continuaz.)", *Rivista degli studi orientali*, vol. 7(1), 1916, 51-130.

Ḥabash al-Ḥāsib, Aḥmad b. ʿAbd Allāh, "The Book of Bodies and Distances", *Centaurus*, ed. Y. T. Langermann, vol. 28(2), 1985, 115-121. (in Arabic)

Ḥabash al-Ḥāsib, Aḥmad b. ʿAbd Allāh, *Zīj*, Yeni Cami Library, 784.2 (ff. 69v–230r). (in Arabic)

Ḥājjī Khalīfa, Muṣṭafā b. ʿAbd Allāh Kātip Çelebi, *Lexicon bibliographicum et encyclopaedicum* (*Kashf al-ẓunūn ʿan asāmī al-kutub wa-l-funūn*), Leipzig; London, 1835-1858. (in Arabic)

Hankel, Hermann, *Zur Geschichte der Mathematik in Alterthum und Mittelalter*, ed. W. G. Hankel, Leipzig: Teubner, 1874.

Hartner, Willy, "An Unusual Value for the Length of the Meridian Degree: 66 1/2 Miles, in Ibn Yūnus' Hākimitic Zīj", *Centaurus*, vol. 24 (1), 1980, 148-152, https://doi.org/10.1111/j.1600-0498.1980.tb00371.x.

Herbelot, Barthélemy d', *Bibliothèque orientale ou Dictionnaire universel*, Paris: Compagnie des librares, 1697.

Ibn al-Dawādārī, Abū Bakr b. ʿAbd Allāh, *Kanz al-durar wa-jāmiʿ al-ghurar*, ed. Various, Cairo: Deutsches Archäologisches Institut Kairo, 1960-1994 / 1379-1415 AH. (in Arabic)

Ibn al-Shāṭir, Abū al-Ḥasan ʿAlāʾ al-Dīn ʿAlī b. Ibrāhīm b. Muḥammad b. Hammām al-Anṣārī, *L'achèvement de L'enquête et la correction des fondements* (*Nihāyat al-sūl fī taṣḥīḥ al-uṣūl*), ed. E. Penchèvre, 2021. (in Arabic)

Ibn al-Wardī, ʿUmar b. Muẓaffar, *Tārīkh*, Beirut: Dar al-Kotob al-Ilmiya, 1996 / 1417 AH. (in Arabic)

Ibn Ḥammād, Abū ʿAbd Allāh Muḥammad b. ʿAlī, *Akhbār mulūk Banī ʿUbayd wa-sīratihim*, Algiers: Jules Carbonel Press, 1928 / 1346 AH. (in Arabic)

Ibn Iyās, Muḥammad b. Aḥmad, *Badāʾiʿ al-zuhūr fī waqāʾiʿ al-duhūr*, ed. M. Muṣṭafā, Wiesbaden: Franz Steiner, 1975 / 1395 AH. (in Arabic)

Ibn Khallikān, Abū al-ʿAbbās Shams al-Dīn Aḥmad b. Muḥammad b. Abī Bakr, *Wafayāt al-aʿyān wa-anbāʾ abnāʾ al-zamān*, ed. I. ʿAbbās, Beirut: Dār Ṣādir, 1972. (in Arabic)

Ibn Yūnus, Abū al-Ḥasan ʿAlī b. ʿAbd al-Raḥmān, *al-Zīj al-Ḥākimī al-kabīr*, Leiden University Library, Or. 143 (1057 old), http://hdl.handle.net/1887.1/item:3398296. (in Arabic)

Ibn Zunbul Munajjim Maḥallī, Nūr al-Dīn Aḥmad b. ʿAlī b. Aḥmad, *al-Qānūn fī al-dunyā*, Staatsbibliothek zu Berlin, Petermann I 668 (5889 in Ahlwardt catalogue), https://digital.staatsbibliothek-berlin.de/werkansicht/?PPN=PPN646157027. (in Arabic)

Ibn ʿImād al-Ḥanbalī, ʿAbd al-Ḥayy b. Aḥmad b. Muḥammad, *Shadharāt al-dhahab fī akhbār man dhahab*, ed. M. Arnaʾūṭ, Damascus - Beirut: Dār Ibn Kathīr, 1986 / 1406 AH. (in Arabic)

Karamati, Younes, "al-Zīj al-Ḥākimī al-Kabīr", *The Great Islamic Encyclopaedia*, vol. 27, Tehran: The Centre for the Great Islamic Encyclopaedia, 2026 / 1405 SH. (in Persian)

Karamati, Younes, "An Observational History of Persia and the Islamic World until the "Mumtaḥan (Examined) Observations" (213 AH / 828 AD)", *Journal for the History of Science*, vol. 21(2), 2024, 169-186, https://doi.org/10.22059/jihs.2024.356657.371782. (in Persian)

Karamati, Younes, "Ancient Scholars' Viewpoint on Precision in Calculation and Measurement and its Concept: Calculation of pi and Estimation of the Radius of the Earth", *Mathematical Culture and Thought*, vol. 44(1), 2025 / 1404 SH, 211-236, https://doi.org/10.30504/mct.2025.1545.2085. (in Persian)

Karamati, Younes, "Determination of Obliquity of the Ecliptic by Observing Solstices in Medieval Islam", *Journal for the History of Science*, vol. 23(1),

2025 / 1404 SH, 173-202, https://doi.org/10.22059/jihs.2025.392094.371822. (in Persian)

Karamati, Younes, *Geodesy in Medieval Islam*, forthcoming. (in Persian)

Karamati, Younes, "Iʿtidālāyn, Taqdīm", *The Encyclopaedia of Iran*, vol. 4, Tehran: The Centre for the Great Islamic Encyclopaedia, 2015 / 1393 SH, 408-412, https://www.cgie.org.ir/fa/article/240083. (in Persian)

Karamati, Younes, *Kāshānī Shināsht: An Investigation of the Mathematical Works of Ghīyāth al-Dīn Jamshīd Kāshānī*, Tehran: Miras-e Maktoob, 2024 / 1403 SH. (in Persian)

Karamati, Younes, "Raṣad", *The Great Islamic Encyclopaedia*, vol. 25, Tehran: The Centre for the Great Islamic Encyclopaedia, 2023 / 1402 SH, 104-160. (in Persian)

Karamati, Younes, "The Great Hakimi Zij in the History of Islamic Astronomy and Its Role in the Transmission of Observational Data to Modern Astronomy", *Iranian Journal for the History of Islamic Civilization*, vol. 58 (2), 2026 / 1404 SH, 296-320, https://doi.org/10.22059/jhic.2026.408990.654628. (in Persian)

Kāshānī, Ghiyāth al-Dīn Jamshīd b. Masʿūd, "Nāmā-yi dovvom", *From Samarqand to Kāshān*, ed. M. Bagheri, Tehran: Scientific and Cultural Publications Co., 1996 / 1375 SH. (in Persian)

Kāshānī, Ghiyāth al-Dīn Jamshīd b. Masʿūd, *Sullam al-samāʾ*, ed. & trans. H. Bohloul. (in Arabic)

Kennedy, Edward Stewart, "A Survey of Islamic Astronomical Tables", *Transaction of the American Philosophical Society, New Series*, vol. 46 (2), 1956, 123-177.

King, David Anthony, "Aspects of Fatimid Astronomy: From Hard-Core Mathematical Astronomy to Architectural Orientations in Cairo", *L'Égypte Fatimide: son art et son histoire – Actes du colloque organisé à Paris les 28, 29 et 30 mai 1998*, ed. M. Barrucand, Paris: Presses de l'Universitéde Paris-Sorbonne, 1999, 497-517.

King, David Anthony, "Ibn Yūnus", *Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures*, ed. H. Selin, 3rd ed., Dordrecht: Springer Netherlands, 2016, 2335-2336, https://doi.org/10.1007/978-94-007-7747-7_9247.

King, David Anthony, "Ibn Yūnus, Abu'l-Ḥasan ʿAlī Ibn ʿAbd al-Raḥmān Ibn Aḥmad Ibn Yūnus al-Ṣadafī", *Dictionary of Scientific Biography*, ed. C. C. Gillispie, vol. 14, New York: Scribner, 1976, 574-580.

King, David Anthony, "Ibn Yūnus' Very Useful Tables for Reckoning Time by the Sun", *Archive for History of Exact Sciences*, vol. 10 (3-5), 1973, 342-394.

King, David Anthony, *In Synchrony with the Heavens: Studies in Astronomical Timekeeping and Instrumentation in Medieval Islamic Civilization, I. The Call of the Muezzin*, Leiden - Boston: Brill, 2004.

King, David Anthony, "Islamic Astronomy", *Astronomy Before the Telescope*, ed. C. B. F. Walker, London: British Museum Press, 1996, 143-174.

King, David Anthony, *Mathematical Astronomy in Medieval Yemen: A Biobibliographical Survey*, Undena Publications, 1983.

King, David Anthony, *The Astronomical Works of Ibn Yūnus*, Yale: Yale University, 1972. (in PhD dissertation)

King, David Anthony, "Too Many Cooks ... A New Account of the Earliest Muslim Geodetic Measurements", *Suhayl. International Journal for the History of the Exact and Natural Sciences in Islamic Civilisation*, vol. 1, 2000, 207-241.

King, David Anthony, "Willy Hartner, Ibn Yūnus and the Meridian Degree", *Centaurus*, vol. 26 (2), 1982, 217-218, https://doi.org/10.1111/j.1600-0498.1982.tb00663.x.

King, David Anthony, Julio Samsó, and Bernard Raphael Goldstein, "Astronomical Handbooks and Tables from the Islamic World (750-1900): an Interim Report", *Suhayl. International Journal for the History of the Exact and Natural Sciences in Islamic Civilisation*, vol. 2, 2001, 9-105.

Kūm Rīshī, Shihāb al-Dīn Aḥmad b. Ghulām Allāh b. Aḥmad, *Nuzhat al-nāẓir fī sharḥ Zīj Ibn al-Shāṭir*, Leiden University Library, Or. 65, http://hdl.handle.net/1887.1/item:3341936. (in Arabic)

Langermann, Yitzhak Tzvi, "The Book of Bodies and Distances of Habash al-Hāsīb", *Centaurus*, vol. 28 (2), 1985, 108-128, https://doi.org/10.1111/j.1600-0498.1985.tb00831.x.

Mercier, Raymond P., "Geodesy", *The History of Cartography: Volume Two, Book One: Cartography in the Traditional Islamic and South Asian Societies*, eds. J. B. Harley and D. Woodward, Chicago - London: The University of Chicago Press, 1992, 175-188.

Mercier, Raymond P., "The Transmission of the Hellenistic Legacy of Astronomy: An Introduction", *Studies on the Transmission of Medieval Mathematical Astronomy*, Aldershot - Burlington: Ashgate, 2004.

Morelon, Régis, *Thābit ibn Qurra: Œuvres d'Astronomie*, Paris: Les belles lettres, 1987.

Mozaffari, S. Mohammad, "A Medieval Bright Star Table: The Non-Ptolemaic Star Table in the Īlkhānī Zīj", *Journal for the History of Astronomy*, vol. 47 (3) 3, Aug. 2016, 294-316, https://doi.org/10.1177/0021828616661887.

Nallino, Carlo Alfonso, *ʿIlm al-falak: Tārīkhuhu ʿinda al-ʿArab fī al-qurūn al-wusṭā*, Rome, 1911. (in Arabic)

Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī, Abū Jaʿfar Muḥammad b. Muḥammad b. al-Ḥasan, *Memoir on Astronomy* (*al-Tadhkira fī ʿilm al-hayʾa*), ed. J. Rajab, New York, 1993. (in Arabic)

Newcomb, Simon, *Researches on the Motion of the Moon, Made at the United States Naval Observatory, Washington, Part I: Reduction and Discussion of Observations of the Moon Before 1750*, Washington: Government Printing Office, 1878.

Newton, Robert Russell, *Ancient Astronomical Observations and the Accelerations of the Earth and Moon*, Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1970.

Newton, Robert Russell, *Ancient Planetary Observations and the Validity of Ephemeris Time*, Baltimore - London: Johns Hopkins University Press, 1976.

Newton, Robert Russell, *The Moon's Acceleration and Its Physical Origins. I: As Deduced from Solar Eclipses*, Baltimore - London: The Johns Hopkins University Press, 1979.

Nicoll, Alexander, *Bibliothecæ Bodleianæ codicum manuscriptorum orientalium catalogi*, Oxford University Press, 1835.

Oppolzer, Theodor Ritter von, *Canon der Finsternisse*, Wien: aus der Kaiserlich-Königlichen Hof-und Staatsdruckerei, in Commission bei K. Gerold, 1887.

Quṭb al-Dīn Shīrāzī, Maḥmūd b. Masʿūd b. Muṣliḥ, *al-Tuḥfat al-shāhiya*, Majlis Library (Parliament Library of Iran), 6130. (in Arabic)

Quṭb al-Dīn Shīrāzī, Maḥmūd b. Masʿūd b. Muṣliḥ, *Ikhtiyārāt Muẓaffarī*, ed. A. M. Gamini, Tehran: Iranian Institute of Philosophy, 2023 / 1402 SH. (in Persian)

Quṭb al-Dīn Shīrāzī, Maḥmūd b. Masʿūd b. Muṣliḥ, *Nihāyat al-idrāk fī dirāyat al-aflāk*, British Library, Add MS 7482. (in Arabic)

Ragep, Faiz Jamil, *Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī's Memoir on Astronomy (al-Tadhkira fī ʿilm al-hayʾa): Volume I: Introduction, Edition, and Translation*, New York: Springer Science & Business Media, 1993.

Rezvani, Pouyan, *Two Treatises on the Astrolabe by Abū Rayḥān Bīrūnī*, Frankfurt am Main: Institute for the History of Arabic-Islamic Science, 2020.

Rosenfeld, Boris Abramowitsch, and Ekmeleddin İhsanoğlu, *Mathematicians, Astronomers, and other Scholars of Islamic civilization and their Works (7th-19th c.)*, Istanbul: IRCICA, 2003.

Saliba, George A., "An Observational Notebook of a Thirteenth-Century Astronomer", *Isis*, vol. 74 (3) 3, 1983, 388-401.

Sawādī, Fāṭima, and Sajjād Nikfahm Khūb-rawān, "Ḥarakat wasaṭ al-kawākib fī al-Zīj al-Ilkhānī wa-l-naqd al-wārid ʿalayhā", *Ustād Bashar*, eds. H. Masoumi Hamedani and M. J. Anvari, Tehran: Miras-e Maktoob, 2012 / 1391 SH. (in Persian)

Sayılı, Aydın, *The Observatory in Islam and Its Place in the General History of the Observatory*, Ankara: Türk Tarih Kurumu Basımevi, 1988.

Schoy, Carl, "The Geography of the Moslems of the Middle Ages", *Geographical Review*, vol. 14 (2), 1924, 257-269, https://doi.org/10.2307/208101.

"Sinnat al-shams *(pseudo-attributed to Thābit b. Qurra)*", *Thābit ibn Qurra: Œuvres d'Astronomie*, ed. R. Morelon, Paris: Les belles lettres, 1987. (in Arabic)

Sirāj, *Mukhtaṣar al-Hayʾāt wa-l-mafātīḥ fī ʿilm al-awqāt wa-l-maṣābīḥ*, Princeton University Library, Garrett 4657Y.2 (ff. 41v–81r). (in Arabic)

Zinner, Ernst, *Die Geschichte der Sternkunde*, Berlin: Springer, 1931, https://doi.org/10.1007/978-3-642-50909-4.

ʿAlī b. Rabban al-Ṭabarī, *Paradise of Wisdom* (*Firdaws al-ḥikma*), ed. M. Z. Ṣiddīqī, Berlin: Sonne, 1928. (in Arabic)

منابع عربی و فارسی

ابن الوردی، عمر بن مظفر، تاریخ، بیروت: دار الکتب العلمیة، ۱۹۹۶ م / ۱۴۱۷ ق.

ابن ایاس، محمد بن احمد، بدائع الزهور فی وقایع الدهور، به کوشش محمد مصطفی، ویسبادن: فرانتس اشتاینر، ۱۳۹۵ ق / ۱۹۷۵ م.

ابن حماد، ابوعبدالله محمد بن علی، اخبار ملوک بنی عبید و سیرتهم، الجزائر: مطبعة جول کربونل، ۱۳۴۶ ق.

ابن خلکان، ابوالعباس شمس‌الدین احمد بن محمد بن ابی‌بکر، وفیات الاعیان و انباء ابناء الزمان، به کوشش احسان عباس، بیروت: دار صادر، ۱۹۷۲ م.

ابن دواداری، ابوبکر بن عبدالله، کنز الدرر و جامع الغرر، به کوشش گروهی از پژوهشگران، قاهره: المعهد الآلمانی للآثار بالقاهره، ۱۹۶۰-۱۹۹۴ م / ۱۳۷۹-۱۴۱۵ ق.

ابن زنبل منجم محلّی، نورالدین احمد بن علی بن احمد، القانون فی الدنیا، گزیدهٔ فردی ناشناس، دست‌نویس شمارهٔ Petermann I 668(۵۸۸۹ فهرست آلوارت)، کتابخانهٔ دولتی برلین، https://digital.staatsbibliothek-berlin.de/werkansicht/?PPN=PPN646157027.

ابن شاطر، ابوالحسن علاءالدین علی بن ابراهیم بن محمد بن همام انصاری، نهایة السول فی تصحیح الاصول، به کوشش اروان پنشِوْر، ۲۰۲۱ م (نک منابع لاتین: Ibn al-Shāṭir, *L'achèvement*).

ابن عماد حنبلی، عبدالحی بن احمد بن محمد، شذرات الذهب فی اخبار من ذهب، به کوشش محمود ارناؤوط، دمشق – بیروت: دار ابن کثیر، ۱۹۸۶ م / ۱۴۰۶ ق.

ابن یونس، ابو الحسن علی بن عبد الرحمان، الزیج الحاکمی الکبیر، دست‌نویس شمارهٔ Or. 143 (۱۰۵۷ قدیم)، کتابخانهٔ دانشگاه لایدن، http://hdl.handle.net/1887.1/item:3398296.

ابوالعقول، محمد بن احمد، الزیج المختار من الازیاج، دست‌نویس شمارهٔ Or 3624، کتابخانهٔ بریتانیا، https://www.qdl.qa/download/pdf/81055_vdc_100049326410.0x000001_en.pdf.

ابوالفدا، عمادالدین اسماعیل بن علی، المختصر فی اخبار البشر، قاهره: المطبعة الحسینیة المصریة، ۱۳۲۵ ق.

ابوعبید بکری، عبدالله بن عبد العزیز، المسالک و الممالک، به کوشش آدریان وان لیوون و آندره فره، تونس: الدار العربیة للکتاب – بیت الحکمة، ۱۹۹۲ م.

الزیج المأمونی الممتحن(منتسب به یحیی بن ابی منصور)، دست‌نویس شمارهٔ ۹۲۷ فهرست درنبورگ (۹۲۲ فهرست غزیری)، کتابخانهٔ اسکوریال.

بتانی، ابوعبدالله محمد بن سنان بن جابر حرانی، الزیج الصابی، به کوشش کارلو آلفونسو نالّینو، میلان: اولریخ هوپلی، ۱۸۹۹ م.

بهلول، حمید، سلّم السماء: ویرایش، ترجمه و تحقیق (پایان‌نامه برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد در رشتهٔ تاریخ علم، پژوهشکدهٔ تاریخ علم دانشگاه تهران)، تهران: دانشگاه تهران، ۱۳۸۶ ش.

بیرونی، ابوریحان محمد بن احمد، التطریق الی استعمال فنون الاسطرلابات، به کوشش پویان رضوانی، فرانکفورت: معهد تاریخ العلوم العربیة و الاسلامیة، ۲۰۲۰ م (نک منابع لاتین: Rezvani, *Two Treatises*).

بیرونی، ابوریحان محمد بن احمد، التفهیم لاوائل صناعة التنجیم [عربی]، دست‌نویس شمارهٔ Petermann I 67 (۵۶۶۵ فهرست آلوارت)، کتابخانهٔ دولتی برلین، https://digital.staatsbibliothek-berlin.de/werkansicht?PPN=PPN646183893&PHYSID=PHYS_0007&DMDID=.

بیرونی، ابوریحان محمد بن احمد، التفهیم لاوائل صناعة التنجیم [فارسی]، به کوشش جلال‌الدین همایی، تهران: انجمن آثار ملی، ۱۳۵۲ ش.

بیرونی، ابوریحان محمد بن احمد، القانون المسعودی، حیدرآباد دکن: دائرةالمعارف العثمانیة، ۱۹۵۴-۱۹۵۶ م / ۱۳۷۳-۱۳۷۵ ق.

بیرونی، ابوریحان محمد بن احمد، تحدید نهایات الاماکن لتصحیح مسافات المساکن، به کوشش پاول گیورگیویچ بولگاکف، قاهره، ۱۹۶۲ م (به عنوان جلد ۸ مجلة معهد المخطوطات العربیة).

بیرونی، ابوریحان محمد بن احمد، فهرست کتب محمد بن زکریاء الرازی، به کوشش پاول کراوس، پاریس: مطبعة القلم، ۱۹۳۶ م.

حاجی خلیفه، مصطفی بن عبدالله کاتب چلبی، کشف الظنون عن اسامی الکتب و الفنون، لایپزیگ و لندن، ۱۸۳۵-۱۸۵۸ م.

حبش حاسب، احمد بن عبدالله، الاجرام و الابعاد، به کوشش یتزاک تزوی لانگرمن، ۱۹۸۵ م (نک منابع لاتین: Langermann, «The Book of Bodies»).

حبش حاسب، احمد بن عبدالله، زیج، دست‌نویس شمارهٔ ۷۸۴/۲ (گ ۶۹ پ-۲۳۰ ر)، کتابخانهٔ ینی جامع استانبول.

خازمی، ابوعبدالله محمد بن احمد سعیدی، المجسطی [ملتقطات]، دست‌نویس شمارهٔ ۳۱۴/۱ عربی (گ ۱ پ-۴۸ ر)، کتابخانهٔ دانشگاه استانبول، http://nek.istanbul.edu.tr:4444/ekos/AY/nekay00314-01.pdf.

خفری، شمس‌الدین محمد بن احمد، التکملة فی شرح التذکرة، دست‌نویس شمارهٔ IO Islamic 1715، کتابخانهٔ دیوان هند، https://www.qdl.qa/en/archive/81055/vdc_100046777069.0x000001.

ذهبی، شمس‌الدین ابوعبدالله محمد بن احمد بن عثمان، تاریخ الاسلام و وفیات المشاهیر و الاعلام، به کوشش بشار عواد معروف، بیروت: دار الغرب الاسلامی، ۲۰۰۳ م / ۱۴۲۴ ق.

ذهبی، شمس‌الدین ابوعبدالله محمد بن احمد بن عثمان، سیر اعلام النبلاء، به کوشش گروهی از پژوهشگران زیر نظر شعیب ارنؤوط، بیروت: مؤسسة الرسالة، ۱۹۸۱-۱۹۸۸ م / ۱۴۰۱-۱۴۰۹ ق.

سراج، مختصر الهیآت و المفاتیح فی علم الاوقات و المصابیح، دست‌نویس شمارهٔ Garrett 4657Y.2 (گ ۴۱ پ-۸۱ ر)، کتابخانهٔ دانشگاه پرینستون، https://digital.staatsbibliothek-berlin.de/werkansicht/?PPN=PPN646157027.

سنة الشمس، به اشتباه منسوب به ثابت بن قره، به کوشش رژیس مرلن، پاریس: فرانتس اشتاینر، ۱۹۸۷ م (نک منابع لاتین: Morelon, *Thābit ibn Qurra: Œuvres d'Astronomie*).

سوادی، فاطمه، و سجاد نیک‌فهم خوب‌روان، «حرکت وسط کواکب در زیج ایلخانی و نقدهای وارد بر آن»، استاد بشر: پژوهش‌هایی در زندگی، روزگار، فلسفه و علم خواجه نصیرالدین طوسی، به کوشش حسین معصومی همدانی و محمدجواد انواری، تهران: میراث مکتوب، ۱۳۹۱ ش.

صفدی، خلیل بن ایبک، الوافی بالوفیات، به کوشش هلموت ریتر و سون ددرینگ، اشتوتگارت و ویسبادن: فرانتس اشتاینر، ۱۹۶۲-۲۰۱۳ م.

علی بن ربن طبری، فردوس الحکمة فی الطب، به کوشش محمد زبیر صدیقی، برلین: آفتاب، ۱۹۲۸ م.

عمادالدین کاتب اصفهانی، ابوحامد محمد بن احمد، البستان الجامع لجمیع تواریخ اهل الزمان، به کوشش عمر عبد السلام تدمری، بیروت: المکتبة العصریة، ۲۰۰۲ م / ۱۴۲۳ ق.

قطب‌الدین شیرازی، محمود بن مسعود بن مصلح، اختیارات مظفری، به کوشش امیر محمد گمینی، تهران: مؤسسه پژوهشی حکمت و فلسفه ایران، ۱۴۰۲ ش.

قطب‌الدین شیرازی، محمود بن مسعود بن مصلح، التحفة الشاهیة، دست‌نویس شمارهٔ ۶۱۳۰، کتابخانهٔ مجلس شورای اسلامی.

قطب‌الدین شیرازی، محمود بن مسعود بن مصلح، نهایة الادراک فی درایة الافلاک، دست‌نویس شمارهٔ Add MS 7482، کتابخانهٔ بریتانیا.

کاشانی، غیاث‌الدین جمشید بن مسعود، سلّم السماء، به کوشش حمید بهلول (نک همین منابع: بهلول، سلّم السماء).

کاشانی، غیاث‌الدین جمشید بن مسعود، «نامهٔ دوم»، از سمرقند به کاشان، به کوشش محمد باقری، تهران: علمی و فرهنگی، ۱۳۷۵ ش.

کرامتی، یونس، «اعتدالین، تقدیم»، دانشنامهٔ ایران، ج ۴، تهران: مرکز دائرةالمعارف بزرگ اسلامی، ۱۳۹۳ ش، ص ۴۰۸-۴۱۲، https://www.cgie.org.ir/fa/article/240083.

کرامتی، یونس، «الزیج الحاکمی الکبیر»، دائرةالمعارف بزرگ اسلامی، ج ۲۷، تهران: مرکز دائرةالمعارف بزرگ اسلامی، ۱۴۰۵ ش (در آستانهٔ انتشار).

کرامتی، یونس، «اندازه‌گیری میل اعظم (میل دایرةالبروج) با رصد انقلابین در دورهٔ اسلامی»، تاریخ علم، ج ۲۳ شم ۱، ۱۴۰۴ ش الف، ص ۱۷۳-۲۰۲، https://doi.org/10.22059/jihs.2025.392094.371822.

کرامتی، یونس، «تاریخ رصدگری در ایران و جهان اسلام تا رصدهای ممتحن (۲۱۳ قمری / ۸۲۸ میلادی)»، تاریخ علم، ج ۲۱ شم ۲، ۱۴۰۲ ش ب، ص ۱۶۹-۱۸۶، https://doi.org/10.22059/jihs.2024.356657.371782.

کرامتی، یونس، «جایگاه زیج حاکمی کبیر در تاریخ اخترشناسی اسلامی و نقش آن در انتقال داده‌های رصدی به سنت اخترشناسی مدرن»، پژوهشنامهٔ تاریخ تمدن اسلامی، ج ۵۸ شم ۲، ۱۴۰۴ ش، ص ۲۹۶-۳۲۰، https://doi.org/10.22059/jhic.2026.408990.654628.

کرامتی، یونس، «رصد»، دائرةالمعارف بزرگ اسلامی، ج ۲۵، تهران: مرکز دائرةالمعارف بزرگ اسلامی، ۱۴۰۲ ش الف، ص ۱۰۴-۱۶۰.

کرامتی، یونس، «زمین‌سنجی در دورهٔ اسلامی»، در آستانهٔ انتشار.

کرامتی، یونس، کاشانی‌شناخت: پژوهشی در آثار ریاضی غیاث‌الدین جمشید کاشانی، تهران: میراث مکتوب، ۱۴۰۳ ش.

کرامتی، یونس، «نگاه دانشوران کهن به مسئلهٔ دقت در محاسبه و اندازه‌گیری»، فرهنگ و اندیشه ریاضی، ج ۴۴ شم ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۴ ش، ص ۲۱۱-۲۳۶، https://doi.org/10.30504/mct.2025.1545.2085.

کوم ریشی، شهاب‌الدین احمد بن غلام‌الله بن احمد، نزهة الناظر فی شرح زیج ابن الشاطر، دست‌نویس شمارهٔ Or. 65، کتابخانهٔ دانشگاه لایدن، http://hdl.handle.net/1887.1/item:3341936.

گزیدهٔ زیج حاکمی، دست‌نویس شمارهٔ arabe 2496.2(گ ۱۰ ر-۱۰۷ پ)، کتابخانهٔ ملی فرانسه، https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b108843070.

محیی‌الدین مغربی، یحیی بن محمد بن ابی الشکر، خلاصة المجسطی، دست‌نویس شمارهٔ Or. 110، کتابخانهٔ دانشگاه لایدن، http://hdl.handle.net/1887.1/item:3359021.

مسعودی، ابوالحسن علی بن حسین بن علی، مروج الذهب و معادن الجوهر، به کوشش شارل پلا، بیروت: الجامعة اللبنانیة، ۱۹۶۵-۱۹۷۴ م.

مقریزی، احمد بن علی، المواعظ و الاعتبار بذکر الخطط و الآثار، به کوشش خلیل المنصور، بیروت: دار الکتب العلمیة، ۱۹۹۸ م / ۱۴۱۸ ق.

نالّینو، کارلو آلفونسو، علم الفلک: تاریخه عند العرب فی القرون الوسطی، رم، ۱۹۱۱ م.

نسوی، ابوالحسن علی بن احمد، الاشباع فی شرح الشکل القطاع، دست‌نویس شمارهٔ ۳۴۶۴/۱۴ احمد سوم (گ ۱۹۹ پ-۲۲۲ پ)، کتابخانهٔ طوپ قاپی سرای استانبول.

نسوی، ابوالحسن علی بن احمد، الاشباع فی شرح الشکل القطاع، دست‌نویس شمارهٔ Or. 556.4 (گ ۴۰ پ-۶۳ پ)، کتابخانهٔ دانشگاه لایدن.

نصیرالدین طوسی، ابوجعفر محمد بن محمد بن حسن، التذکرة فی علم الهیئة، به کوشش جمیل رجب، نیویورک، ۱۹۹۳ م (نک منابع لاتین: Ragep, *Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī's Memoir on Astronomy*).

نصیرالدین طوسی، ابوجعفر محمد بن محمد بن حسن، زیج ایلخانی، دست‌نویس شمارهٔ Persan 163، کتابخانهٔ ملی فرانسه، https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b8410891x.

نویری، احمد بن عبدالوهاب، نهایة الارب فی فنون الادب، بیروت: دار الکتب العلمیة، ۲۰۰۴ م / ۱۴۲۴ ق.

یافعی، ابومحمد عبدالله بن اسعد، مرآة الجنان و عبرة الیقظان فی معرفة ما یعتبر من حوادث الزمان، به کوشش خلیل منصور، بیروت: دار الکتب العلمیة، ۱۹۹۷ م / ۱۴۱۷ ق.