بیرونی در اندلس[۱]

خولیو سامسو[۲]
ترجمهٔ حنیف قلندری[۳]

۱. طرح مسئله

خوان ورنت[۴] نقش اندلس و فرهنگ قرون وسطایی شبه جزیرهٔ ایبری را در انتقال نجوم از سرزمین‌های شرقی اسلام به اروپای قرون وسطی نشان داده است.[5] بجز چند استثناءِ اندک، تنها آن دسته از آثار نجومی که در اندلس شناخته شده بودند بعدها به لاتینی، زبان‌های اروپایی سده‌های میانه یا عبری ترجمه شدند و بر پیشرفت نجوم اروپایی اثر گذاشتند. به عبارت دیگر روشن است که ارتباط با شرق در فاصلهٔ حکومت عبدالرحمان دوم (۲۰۶-۲۳۸ق) و سقوط خلافت [اموی] و دورهٔ ملوک الطوایف (۴۲۲-۴۷۹ق) متعدد و مؤثر بوده است، به‌طوری که حتی آن را می‌توان عصر طلایی نجوم اندلس در نظر گرفت، همچنین [این دوره] آغاز کُند شدنِ رسیدنِ آثار نجومی شرق به شبه جزیره است. این [کند شدن] دو نتیجهٔ آشکار به همراه داشت: یکی آن‌که نجوم اندلسی شخصیت خودش را به‌دست آورد، همان چیزی که بعدها به مغرب منتقل شد؛ دیگر آن‌که شاید انزوای اندلس دلیل اصلی رکود علمی [در آنجا] باشد که نخستین نشانه‌های آن در سدهٔ هفتم هجری ظاهر شد.[۶]

گمان می‌کنم در یک اظهار نظر کلی می‌توانیم بگوییم که اندلس از آثار اصلی نجومی شرق که تا اوایل سدهٔ چهارم هجری نوشته شده، آگاه شده است اما پس از این تاریخ اوضاع اصلاً روشن نیست، دوران حکومت حَکَم دوم (۳۵۰-۳۶۵ق)، آخرین خلیفهٔ اموی که سیاست روشنی در

۱. این مقاله ترجمه‌ای است از:
Julio Samsó, "Al-Bīrūnī in al-Andalus", in *Astronomy and astrology in al-Andalus and the Maghrib*, ed. Julio Samsó, Routledge, 2007, pp. 583-612.

۲. استاد بازنشستهٔ مطالعات اسلامی در دانشگاه بارسلونا، jsamsomoya@gmail.com

۳. پژوهشکدهٔ تاریخ علم دانشگاه تهران، hanif.ghalandari@gmail.com

4. J. Vernet
5. J. Vernet, *La culturahispanoárabeenOriente y Occidante*. Barcelona, 1978. German translation, *Die Spanisch-arabischeKultur in Orient und Okzident*. Zurich and München, 1984. French translation, *Ce que la culture doit aux Arabesd'Espagne*. Paris, 1985.
6. See J. Samsó, *Las Ciencias de losAniguosenal-Andalus*. Madrid, 1992; a summary in English of the astronomical part in "Andulusian Astronomy: its Main Characteristics and Influence in the Latin West", in J. Samsó, *Islamic Astronomy and Medieval Spain*, Variorum Reprints, Aldershot, 1994.

خرید کتاب برای کتابخانه‌های سلطنتی در شهرهای مهم شرق [اندلس] داشت. بخش‌های کوتاهی از آثار نجومی شرقی که پس از حدود ۳۴۰ق نوشته شده است به قُرْطُبَه (کُرْدُوا)، طُلَیْطُلَه (تولِدو) و سَرَقُسْطَه (زاراگوزا) رسیده‌اند و [البته] اغلب دشوار است که به‌روشنی سیاهه‌ای از منابع در دسترس در اندلس ارائه کرد.[1] یک مثال [برای این ادعا] کافی است: تنها اخیراً یان پ. هوخندایک[2] توانسته است یک مورد از نخستین استنساخ‌های کتاب المناظر ابن هیثم را نشان بدهد، یک نسخه از این کتاب در دست امیرالمؤتمن (حکومت ۴۷۴-۴۷۸ق)، حاکم سرقسطه، بوده است.[3] هرچند این تاریخ تنها ۷۵ سال پیش‌تر از آن است که مقدمهٔ این اثر به‌دست گرارد کرمونایی (۵۰۸-۵۸۳ق) به لاتینی ترجمه شود. مسئله‌ای که من قصد دارم در اینجا به آن مشغول بشوم از نوعی متفاوت است: اغلب گفته می‌شود که کارهای بیرونی (۳۶۲-۴۴۰ق) هیچ‌گاه به غرب لاتینی نرسیده‌اند، این احتمالاً بدان معنی است که او در اندلس ناشناخته بوده است. دربارهٔ استادان او نیز می‌توانیم چنین اظهارنظری کنیم، گروه مهمی از ریاضی‌دانان و منجمان شرقی که حیات علمی آن‌ها بین سال‌های ۳۵۰ تا ۴۰۰ق بوده است، بیشتر آن‌ها مهارت‌های حرفه‌ای و علاقه‌مندی‌های مشترکی داشتند، میان ایشان و بیرونی رابطه‌ای بود و در «انقلاب مثلثاتی»[4] که در آن دوره رخ داد سهیم بودند.[5] من [در اینجا] به اینها اشاره می‌کنم: ابو جعفر خازن (د. حدود ۳۵۴ق)، ابوالوفاء بوزجانی (۳۲۸-۳۸۶ق)، ابو سهل کوهی (مشهور در حدود ۳۷۸ق)، ابو محمود خجندی (م. حدود ۳۹۰ق)، ابو سعید سجزی (مشهور در نیمهٔ دوم سدهٔ چهارم هجری)، ابو نصر منصور بن علی بن عراق (م. پیش از ۴۲۷ق) و دیگران. هدف این مقاله طرح این فرضیه است که احتمالاً بخشی از کارهای این مکتب در حلقه‌های علمیِ خاص در اندلس سدهٔ پنجم هجری شناخته شده بوده است.

۲. مثلثات کروی نزد ابن مُعاذ

این فرضیهٔ تازه‌ای نیست. کتاب مجهولات قسی الکرة نوشتهٔ ابن مُعاذ جَیّانی (د. ۴۸۶ق)[6] مسئلهٔ منابع شرقیِ احتمالیِ یک رسالهٔ اندلسی کامل دربارهٔ مثلثات کرویِ کاملاً مستقل از نجوم را پیش

---

۱. تحلیل درخشان ریشتر-برنبورگ را دربارهٔ منابع در دستِ قاضی صاعد (۴۲۰-۴۶۲ق) ببینید:

L. Richter-Bernburg, "Ṣāʿid the Toledan Tables and Andalusī Science", *From Deferent to Equant… in Honor of E.S. Kennedy* ed. by D.A. King and G. Saliba (New York, 1987), 373-401.

2. J. P. Hogendijk

3. J. P. Hogendijk, "Discovery of an 11th Century Geometrical Compilation: the *Istikmāl* of Yūsuf al-Muʾtaman ibn Hūd, King of Saragossa", *Historia Mathematica* 13 (1986), 43-52; "Le roi-geomètre al-Muʾtaman ibn Hūd et don Livre de la Perfection (*Kitāb al-Istikmāl*)", *Premier Colloque International sur l'Histoire des MathématiquesArabes* (Alger, 1988), 53-66; "The Geometrical Parts of the *Istikmāl* of Yūsuf al-Muʾtaman ibn Hūd (11th century). An Analytical Table of Contents", *Archives Internationalesd'Histoire des Sciences* 41 (1991), 207-281; "al-Muʾtaman ibn Hūd, 11th Century King of Saragossa and Brilliant Mathematician", *Historia Mathematica* 22 (1995), 1-18.

4. trigonometrical revolution

۵. نک:

M. T. Debarnot, *al-Bīrūnī, Kitāb maqālīdʿilm al-hayʾa, La Trigonométriesphérique chez les Arabes de l'Est à la fin du Xe siècle*, Damas, 1985.

6. M. V. Villuendas, *La trigonometriaeuropeaen el xiglo XI. Estudio de la obra de Ibn Muʿāḏ, El Kitābmaŷhūlāt*. Barcelona, 1979.

آورد. در این [رساله] مؤلف از نوآوری‌های مهمی که در «مکتب بیرونی» تا یک قرن پیش از آن عرضه شده بود مطلع است.[۱] جزئیات دقیقی که در برهان‌های ابن معاذ به‌کار رفته، کتاب فی شکل القطاع ثابت بن قره و همچنین بخش‌هایی از [آثار] ابونصر، ابوالوفا و بیرونی (القانون المسعودی) را به یاد می‌آورد. نویسندهٔ ما جدول ظل (تانژانت) را برای $r = ۱$ محاسبه کرده است که برای این کار سابقه‌ای در [آثار] هر سه نویسندهٔ شرقی که به آن‌ها اشاره شد وجود دارد. او همچنین ظل مقادیر $۸۹;۱۵°$، $۸۹;۳۰°$، $۸۹;۴۵°$ و $۸۹;۵۹°$ را با استفاده از درون‌یابی سهموی محاسبه کرده که در رسالهٔ کهَندَکهادیَک[۲] برهماگوپتا توصیف شده است، منبعی که بیرونی به خوبی آن را می‌شناسد اما به قاعدهٔ درون‌یابی اشاره نکرده است.[۳] ابن معاذ همچون ابو نصر از مثلث قطبی استفاده کرده است، هرچند به نظر نمی‌رسد هیچ ارتباط مستقیمی میان دو نویسنده وجود داشته باشد.[۴] در کل نویسندهٔ ما احتمالاً به سنت شرقی دربارهٔ مثلثات کروی دسترسی داشته است- به‌ویژه یک رسالهٔ ناشناخته در این موضوع که در آن راه‌حل‌های مثلث‌های کروی در ۱۶ حالت مختلف دسته‌بندی شده بود- با این حال او آن‌قدر هویت داشته است که به‌طور مستقل به این موضوع بپردازد.

۳. ابن مُعاذ و «روش زیج‌ها»

ابن معاذ همچنین یک زیج نوشته است، زیج جیان[5] که در آن از روش خوارزمی در سندهند پیروی کرده است. جدول‌های آن با ترجمهٔ لاتینی گرارد کرمونایی در دست است و بخش‌هایی از متن عربی آن عمدتاً در زیج ابن اسحاق (مشهور در تونس در سدهٔ هفتم هجری) نقل شده است.[۶] حتی اگر این زیج پس از کتاب المجهولات تدوین شده باشد، بخش مثلثات آن به اندازهٔ منبع پیشین قابل اعتنا نیست، هرچند بخش‌های دیگر اثر هم‌سو هستند چنان‌که در مورد فصل ۱۸ ابن معاذ «روش زیج‌ها» را برای یافتن سمت قبله به‌کار برده است.[۷] نویسندگان مشخصی در [سنت] شرقی هستند

1. J. Samsó, "Notes sobre la trigonometríaesférica de Ibn Muʿad". *Awrāq* 3(1980), 60-68 (reprint in *Islamic Astronomy and Medieval Spain*). See also *Ciencias de losAntiguos* pp. 139-144.
2. *Khandakhādyaka*
3. E. S. Kennedy, "The Motivation of al-Bīrūnī's Second Order Interpolation Scheme", *Proceedings of the First International Symposium for the History of Arabic Science* (Aleppo, 1978), pp. 67-71 (ترجمهٔ این مقاله را در همین شمارهٔ میراث علمی بخوانید); M. G[arcía] Doncel, "Quadratic Interpolations in Ibn Muʿādh", *Archives Internationalesd'Histoire des Sciences* 32 (1982), pp. 68-77.

ابن معاذ روش درون‌یابی مشابهی در محاسبهٔ جیب ۰;۱۳,۵۶ و ۸۰;۳۶,۵۸ در کتاب دربارهٔ شکست جوی (*Liber de Crepusculis*) به‌کار برده است.

4. M. T. Debarnot, "Introduction du triangle polaire par Abū Naṣr b. ʿIrāq". *Journal for the History of Arabic Science* 2 (1978), p. 132 n. 30.
5. *Tabulae Jahen*

۶. ترجمهٔ گرارد کرمونایی در ۱۵۴۹م در نورنبرگ منتشر شده است. نسخهٔ خطی زیج ابن اسحاق به شمارهٔ ۹۲۸ در کتابخانهٔ حیدرآباد ایالت آدراپرادش [هند] موجود است. این نسخه را دیوید کینگ کشف کرد و تصویری از آن را برایم فرستاد. دربارهٔ زیج جیان نک:

H. Hermelink, "TabulaeJahen", *Archive for the History of the Exact Sciences* 2 (1964), 108-112 and *Ciencias de los Antiguos*, pp. 152-166.

۷. برای هر دو متن عربی و لاتینی نک:

J. Samsó and H. Mielgo, "Ibn Isḥāq al-Tūnisī and Ibn Muʿādh al-Jayyānī on the Qibla" in *Islamic Astronomy and Medieval Spain*, Aldershot, 1994, pp. 1-25.

که این روش را به‌کار برده‌اند، مانند حبش حاسب (مشهور در ۲۳۵ق)، ابوالوفا، ابو سهل کوهی، بیرونی حداقل در سه اثرش (تحدید، مقالید و قانون)، کوشیار بن لبان (حدود ۳۵۰-۴۲۰ق)، ابن یونس (م. ۳۹۹ق) و ابن هیثم (حدود ۳۵۴-۴۳۰ق).

نتایج یک تحلیل دقیق از مقایسهٔ فرمول‌بندی ابن معاذ با منابع دیگر به هدف این مقاله بسیار نزدیک است: ابتدا باید قانون بیرونی را رها کنیم زیرا در آن $r = ۱$ (در ابن معاذ، $r = ۶۰$) و مرحلهٔ پایانی محاسبات متفاوت است. همچنین ابوالوفا بوزجانی باید کنار گذاشته شود زیرا او [روش‌های] بهینه‌ای عرضه کرده است که در ابن معاذ دیده نمی‌شود. دربارهٔ باقی منابع هیچ امر قطعی نمی‌توان گفت: نویسندهٔ ما از اصطلاحات منطقی، هرچند مستقل، به‌منظور تعیین چهار کمان معین در محاسبهٔ قبله استفاده کرده است. هر چند این استقلال یک استثنا دارد: او در نامیدن کمان چهارم از [عبارت] «المسافة ما بین بلدکَ ومکة» (فاصلهٔ میان موضع تو و مکه) استفاده کرده است که با آن‌چه بیرونی در قانون (المسافة بین البلدین) و تحدید (المسافة بین البلد وبین مکة) به کار برده شبیه است. در این منبع اخیر بیرونی «روش زیج‌ها» را به کار برده است تا فاصلهٔ میان مواضع را مقرر کند و تا آنجا که من می‌دانم تنها ابوالوفا به نظر عملیات مشابهی دارد. بنابراین می‌توانیم محتمل بدانیم که تحدیدِ بیرونی منبع ابن معاذ باشد.

این با شواهد اندک دیگری که از منابع ما به‌دست می‌آید موافق است: این روش مستلزم آن است که مقرر کنیم که نقطهٔ پایانی کجاست (شمال یا جنوب)، از کدام [نقطه] قبله اندازه‌گیری می‌شود و سمت قبله کدام است (شرق یا غرب). تنها دو تن از نویسندگانی که به آن‌ها اشاره شد ملاکی برای این هدف آورده‌اند: ابوالوفا و بیرونی (در هر سه اثرش که از آن‌ها نام برده شد). ابن معاذ ملاک مشابهی به کار برده است، پس شواهد یک بار دیگر به تحدیدِ بیرونی یا ابوالوفا رهنمون می‌شوند. این تنها نمونه‌ای نیست که در آن می‌توانیم پیوندی با بیرونی بیابیم، بلکه در تعیین سمت قبله، از یک منجم مغربی-اندلسی به نام ابن رقّام (د. ۷۱۵ق)، رساله‌ای دربارهٔ شاخص‌ها به نام رساله فی علم الظلال باقی مانده که در آن یک روش آنالما (روش ترسیمی) برای حل این مسئله دیده می‌شود که دست آخر از حبش حاسب اقتباس شده است اما بسیار به عبارت بیرونی در القانون المسعودی نزدیک است.[1]

۴. تسویهٔ بیوت یک زایچه: روش‌های مبتنی بر تقسیم [دایرةالبروج] به کمان‌های ثابت بر اساس دایرهٔ اول سموت و معدل‌النهار

فهم ما از تاریخ روش‌های به‌کار رفته در تسویهٔ بیوت با کتاب زایچه‌ها و تاریخ نوشتهٔ جان نُرث

1. J. Carandell, "An Analemma for the Determination of the Azimuth of the Qibla in the *Risālafī ʿilm al-ẓilāl* of Ibn al-Raqqām". *Zeitschrift fur Geschichte der Arabisch-IslamischenWissenschaften* 1 (1984), pp. 61-72.

بسیار بهتر شده است.[۱] برای نمونه او گاه‌شمار روش‌های تقسیم [دایرةالبروج] به کمان‌های ثابت را که به‌طور سنتی به کامپانوس اهل نُوارا[۲] (در تقسیم بر اساس دایرهٔ اول سموت) و رگیومونتانوس[۳] (در تقسیم بر اساس معدل‌النهار) منسوب می‌شد [از نظر زمانی] پیش‌تر برد: بر اساس این روش‌ها دایرةالبروج توسط شش دایرهٔ عظیمه که از شمال و جنوب افق ناظر می‌گذرند و کمان‌های برابر [به اندازهٔ] ۳۰ درجه از دایرهٔ اول سموت یا معدل‌النهار جدا می‌کنند تقسیم می‌شود، [این تقسیم] در هر دو مورد از نقطهٔ شرق یا غرب آغاز می‌شود. نُرث نشان داده است که روش دایرهٔ اول سموت در قانون مسعودی بیرونی توصیف شده است بدون آن‌که ادعایی دربارهٔ خلاقانه بودنِ آن باشد، بیرونی آن را می‌پسندد چون «روشی است که ترجیحش می‌دهد» (الطریق الذی آثرتها).[۴] چنان‌که نُرث نیز اشاره می‌کند روشن است که این روش در سه رساله از مجموعهٔ نجومی آلفونسی،[۵] به‌ویژه رساله‌های دربارهٔ اسطرلاب کروی، دربارهٔ صفیحهٔ آفاقیه و دربارهٔ صفیحه آمده است. با توجه به این منبع اخیر ابوالقاسم بن سمح (م. ۴۲۶ق) این روش را می‌شناخته و جدولی را برای تسویهٔ بیوت با استفاده از این روش محاسبه کرده است.

اگر به دو اثر دیگر بیرونی [یعنی] مقالید علم الهیئة[۶] و کتاب فی استیعاب الوجوه الممکنة لصنعة الاسطرلاب[۷] توجه کنیم شواهد بیشتری به‌دست می‌آید. در هر دو کتاب بیرونی ادعا می‌کند که روش دایرهٔ اول سموت از ابداعات خود اوست[۸] و او پیش‌تر، آن را در کتابی به نام تجرید شعاعات والانوار[۹] توضیح داده است. او همچنین توضیح می‌دهد که اگر کسی ناگزیر از محاسبهٔ طول‌های [دایرةالبروجی] بیوت با این روش باشد چقدر طولانی و خسته‌کننده است در حالی که با اسطرلاب بسیار ساده است. برای این منظور او یک صفیحهٔ اسطرلاب ویژه طراحی می‌کند: توصیفی که در استیعاب آمده است دقیق نیست و شکلی ندارد، اما آن‌قدر جزئیات دارد که بتوانیم آن را بازسازی کنیم (شکل ۱):

فرض کنید ABGD تصویر مدار رأس الجَدی در صفحهٔ استاندارد اسطرلاب باشد و KEHMF

1. J. D. North, *Horoscopes and History*. The Warburg Institute. London, 1986.
2. Campanus of Novara
3. Regiomontanus
4. Al-Bīrūnī, *Qānūn* (Hyderabad, 1954) III, 1359-1369; North, *Horoscopes*, pp. 32-33.
5. Alfonsine *Libros del Saber de Astronomía*
6. Ed. Debarnot, *Maqālīd* pp. 284-291.

۷. از دو نسخهٔ زیر استفاده کرده‌ام:

Istanbul Carullah 1451 fols. 24r-24v (which I owe to the generosity of Prof. F. Sezgin) and Tunis National Library 5540, fols. 35r-35v, a photocopy of which was lent to me by Emilia Calvo.

8. *Maqālīd* ed. Debarnot pp. 284-285:

عمل تسوية البيوت على مذهبي ... فمن الواجب أن أذكر طريقاً ثالثاً قد تفردت باختراعه

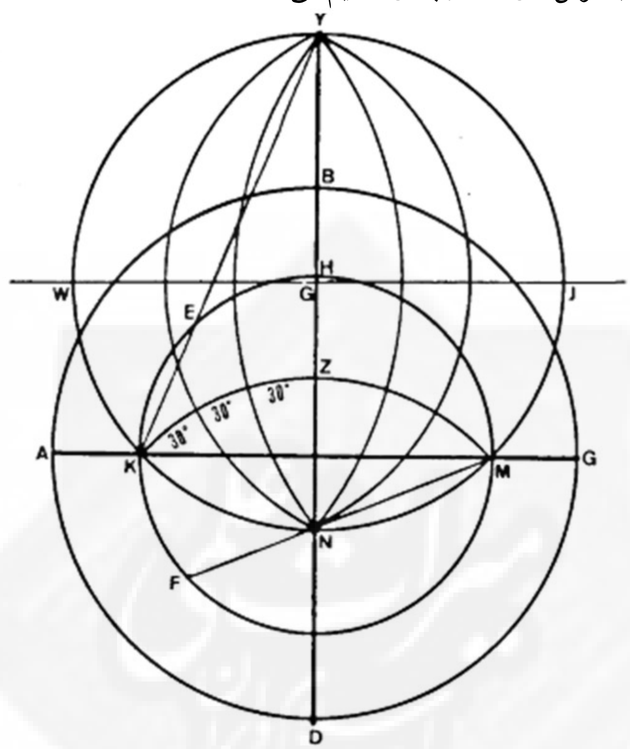
Istī'āb (Carullah fol.24r, Tunis fol. 35r):

تخطيط الدوائر التي تحد البيوت الاثنا عشر على مذهبي ... ولي طريق في تسوية البيوت يختص بي دون غيري

۹. این اثر ظاهراً مفقود شده است. نک:

D. J. Boilot, "L'oeuvre d' al-Beruni. Essai bibliographique". *Mélanges de l'Institut Dominicain d'EtudesOrientales* (Cairo) 2 (1955), 189-190 (no. 42).

تصویر معدل‌النهار. او نخست از میان دایره‌های سمت دایرهٔ اول سموت (KZM) را معین می‌کنـد و آن را از نقطهٔ شرق به قوس‌های ۳۰ درجه‌ای تقسیم می‌کند.



شکل ۱

مرحلهٔ بعد تعیین مرکز تصویر دایرهٔ افق است که او می‌تواند با بـه‌کار بـردن همـان شـیوه‌ای کـه در روش معدل‌النهار به‌کار گرفته بود این کار را انجام دهـد (در ادامـه): از نقطـهٔ K دو قـوس KE و KF را رسم می‌کند، روی تصویر معدل‌النهار هر دو با عرض جغرافیایی محل برابر هسـتند. دو خـط مسـتقیم KE و MF روی نصـف‌النهار نقطـه‌های Y (قطـب جنـوب افـق) و N (قطـب شـمال افـق) را نشـان می‌دهند. G وسط پاره‌خط YN است و در نتیجه مرکـز تصـویر دایـرهٔ افـق اسـت. WGI کـه بـر خـط نصف‌النهار عمود است [همان] خطی است که مـا همـهٔ مراکـز دوایـری را کـه دایرةالبـروج را تقسـیم می‌کنند روی آن خواهیم یافت. این دایره‌ها لزوماً از نقاط Y و N و قسـمت‌های ۳۰ درجـه‌ای از دایـرهٔ اول سموت می‌گذرند.

به نظر همه چیز روشن است: بیرونی مُبدع روش دایرهٔ اول سـموت اسـت، روشـی کـه در زمـان

حیات او به اندلس رسیده، چون ابن سمح (م. ۴۲۶ق)[1] آن را به‌کار برده است. هیچ شاهدی در اندلس مبنی بر اشاعهٔ صفیحهٔ اسطرلاب خاصی که به این منظور استفاده می‌شود تا زمان ابن باصو (ابن بصال، م. ۷۱۰ق)[2] در دست نیست. حتی اگر روش‌های محاسبه مستقل باشند احتمالاً در اینجا نخستین نمونهٔ ممکن از نفوذ بیرونی در اندلس را داریم که در آن ابن معاذ– که معلومات او از آثار نویسندگان شرقی ممتاز به نظر می‌رسد– نقشی ندارد.

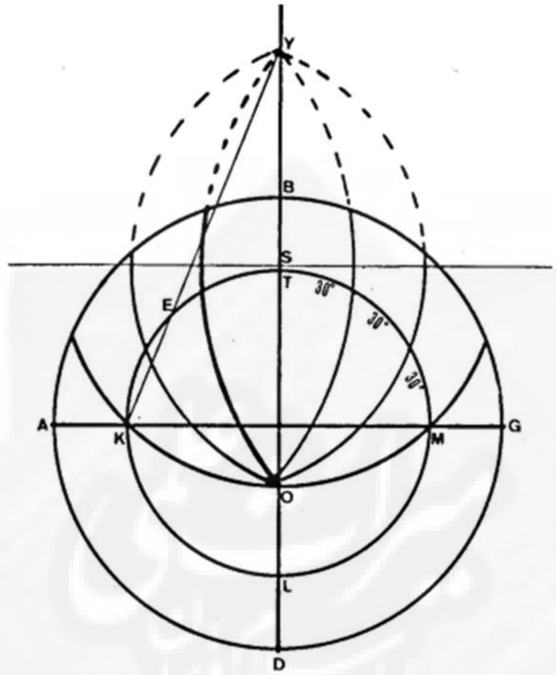
جان نورث با به کار گرفتن روش استوایی[3] ما را به ابن معاذ باز می‌گرداند، بابت دو رسالهٔ آلفونسی، کتاب دربارهٔ ذات الحلق[4] و کتاب دربارهٔ تسییر[5]، که این روش را توصیف کرده‌اند و آن را به او (ابن معاذ) نسبت داده‌اند. در واقع روش ابن معاذ در ضمیمهٔ خود بر زیج جیان[6] با عنوان یادآوری محاسبهٔ تسویهٔ بیوت[7] این روش را به یک الگوریتم [محاسبه] تحویل می‌کند که اخیراً یان پ. هوخندایک و کندی آن را شرح داده‌اند. کندی همچنین الگوریتم مشابهی را در زیج شامل ابن رقام (م. ۷۱۵ق)[8] یافته است و من محتمل می‌دانم که شواهد بیشتری از مطرح الشعاعات ابن معاذ می‌توان به‌دست آورد، نه فقط از آن رو که روش استوایی در سه عملیات مختلف احکامی (تسویهٔ بیوت، تسییر و مطرح شعاعات) به‌کار گرفته شده است بلکه از آن رو که به نظر می‌رسد مطرح شعاعات منبع اصلی کتاب دربارهٔ تسییر آلفونسی بوده است.

یک بار دیگر شواهد بیشتر دربارهٔ منبع این روش در استیعاب بیرونی به‌دست می‌آید، جایی که او روش تصویر یک صفیحهٔ اسطرلاب را توصیف می‌کند که آن را صفیحهٔ تسییر می‌نامد اگرچه به نام صفیحهٔ مطرح الشعاع شناخته شده‌تر است. در این [صفیحه] تصویر دایره‌های عظیمه‌ای را که از هر درجهٔ معدل‌النهار و همچنین دو تقاطع نصف‌النهار و افق می‌گذرند، می‌یابیم. با استناد به بیرونی هر کدام از این دایره‌ها تصویر یک دایرهٔ افق هستند که عرض جغرافیایی آن میان استوا (عرض صفر درجه) و عرض جغرافیایی صفیحه است. نظامی که بیرونی به‌منظور تصویر این دایره‌ها توصیف می‌کند مشابه همانی است که پیش‌تر در روش دایرهٔ اول سموت توصیف شده بود. مجدداً ABGD مدار رأس الجَدی، KLTM معدل‌النهار، KOM افق در عرض جغرافیایی مفروض هستند (شکل ۲). قوس KE را مساوی با عرض جغرافیایی جدا می‌کنیم و خط مستقیم KE نقطهٔ Y

[1]. با این حال کندی در این بخش جایی که از شواهد جدیدی استفاده می‌کند که در اثر ابن معاذ دربارهٔ مطارح شعاعات (مطرح الشعاعات موجود در کتابخانهٔ لورنتزو مدیچی فلورانس ۱۵۲ .Or) آمده است [می‌نویسد]: روش محاسباتی ابن سمح اشتباه و به‌کلی مستقل از روش بیرونی است.

2. North, *Horoscopes* pp. 60-63
3. North, *Horoscopes* pp. 35-38
4. *Libro de las Armellas*, Rico, *Libros* II, 59 (chapter XLII)
5. *Libro del Ataçyr*, Rico, *Libros* II, 309 (chapter IX)
6. *Tabulae Jahen*
7. *Rememoratio aequationis domorum duodecim*
8. On Ibn al-Raqqām’s zījes see *Cinecias de los Antiguos*, pp. 421-427.

(قطب جنوب افق) را در تقاطع افق با نصف‌النهار تعیین می‌کند. S نقطهٔ میان Y و O (قطب شمال افق) است و از S یک خط موازی با خط مشرق و مغرب AG می‌گذرانیم. این خط موازی مکان هندسی مرکز همهٔ دایره‌های مطلوبی است که از نقاط Y و O و اجزاء برابر از معدل‌النهار می‌گذرند.



شکل ۲

با تفاوت‌های اندکی ربّی اسحاق بن سعید[1] همین روش را برای رسم صفیحهٔ مشابهی به‌کار برده است که به یک اسطرلاب استاندارد ملحق است و اساساً کاربردهای احکامی دارد به‌ویژه سه موردی که پیش‌تر به آن‌ها اشاره شد (تسییر، مطرح شعاعات و تسویهٔ بیوت از نظر ابن معاذ):[2] تنها باید اشاره کنیم که صفیحهٔ ربّی اسحاق تمام تصویر دایرهٔ افق را شامل می‌شود، در حالی که حد خارجی صفیحهٔ اسطرلاب بیرونی مانند صفیحهٔ معمول در اسطرلاب تصویر مدار رأس الجَدی است.

در نتیجه می‌خواهم بگویم به نظر من ابن معاذ مبدع روش مبتنی بر معدل‌النهار در تسویهٔ بیوت نیست و این که در بیشتر شواهد و در جدیدترینِ آن‌ها به نظر می‌رسد که او به منظور حل این مسئله روش موجود برای تسییر و مطرح شعاعات را به‌کار برده است، همچنین ممکن است که او

1. Rabiçag (Rabbi Isḥāq b. Sīd); Rico, *Libros* II, pp. 302-304

۲. دربارهٔ این کتاب، نک:

M. Viladrich and R. Martí, “Sobre el *Libro del Ataçir* de los *Libros del Saber de Astronomía* de Alfonso X el Sabio”. *Nuevos Estudios sobre Astronomía Española en el Siglo de Alfonso X*, ed. By J. Vernet (Barcelona, 1983), pp. 75-100.

الگوریتمی را که در زیج جیان توصیف می‌کند به‌دست آورده باشد. بیرونی هم [چنین] وانمود نمی‌کند که نخستین کسی است که چنین صفیحه‌ای را طراحی کرده باشد و عبارات او در استیعاب بر آن دلالت دارد که او ابزاری را توصیف می‌کند که در آن زمان معمول است. خواهیم دید که ابو جعفر خازن احتمالاً از چنین صفیحه‌ای استفاده کرده است. همان قدر که این احتمال وجود دارد که انتشارِ روش مبتنی بر معدل‌النهار در اندلس بر اساس [کارهای] بیرونی باشد شواهد موجود در این باره به اندازهٔ کافی قوی نیست.

۵. صفایح اندلسی و *زیج الصفائح* ابوجعفر خازن (م حدود ۳۵۴ق)

سه صفیحهٔ نخستینِ شناخته‌شده آن‌هایی هستند که منجمان اندلسی ابوالقاسم ابن سمح (م. ۴۲۶ق)، ابواسحاق ابن زرقالو (زرقالی، م. ۴۹۳ق) و ابوالصلت امیة بن ابی الصلت (حدود ۴۵۹-۵۲۸ق)[۱] شرح داده‌اند، اگر چه لزوماً این دلالت نمی‌کند که صفیحه یک اختراع اندلسی باشد. بطلمیوس در مقدمهٔ جدول‌های آسان[۲] دستورالعمل‌هایی برای یافتن طول [دایرةالبروجی] ماه و سیارات با استفاده از ابزارهای ترسیمی عرضه کرده است.[۳] دربارهٔ منشأ شرقی احتمالی این ابزار کاندیدای اصلی ابوجعفر خازن است که به خاطر مدل هم‌مرکز خورشیدی که در رسالهٔ در رد خارج مرکز و تدویر[۴] نوشتهٔ هانری اهل هسن[۵] یا لانگنشتاین (۱۳۲۵-۱۳۹۷م)[۶] از او آمده است کاملاً نیز در غرب ناشناخته نبوده است. زیج الصفائح خازن تا همین اواخر تنها از منابع متأخر شناخته شده بود (به‌ویژه نقل قول‌های ابو نصر منصور و بیرونی)[۷] که باید به آن تصاویر اجزایی از یک اسطرلاب گمشده را افزود که هبة اللّه بن حسین بغدادی بر پایهٔ اثر مفقود خازن در ۵۱۳-۵۱۴ق ساخته است. صفیحهٔ زیجیه از این اسطرلاب حلقه‌ای سوراخ‌دار برای هر درجه دارد و دیوید کینگ آن را نشانهٔ صفیحهٔ افزودهٔ هبة اللّه به ابزار خازن معرفی کرده است. این صفیحه همچنین جدول‌های مطالع مستقیمِ هر درجه از دایرةالبروج را به همراه عرض‌های [دایرةالبروجی] سیارات و ماه شامل می‌شود.[۸]

اخیراً شواهد تازه‌ای دربارهٔ [این] زیج الصفائح مرموز پیدا شده است: تصاویر پنج صفحه از یک نسخهٔ خطی موجود در جایی در هند که شامل نسخهٔ کاملی (؟) از کتاب خازن است به دست من رسیده است، یک بار دیگر از سخاوت دیوید کینگ تشکر می‌کنم. چیزی که در این تصاویر

1. M. Comes, *Los ecuatorios andalusíes. Ibn al-Samḥ, al-Zarqālluh y Abū-l-Ṣalt*. Barcelona, 1991.
2. *Handy Tables*
3. O. Neugebauer, *A History of Ancient Mathematical Astronomy* (Berlin-Heidelberg-New York, 1975) II, pp. 990 and 1004.
4. *De reprobatione eccentricorum et epicyclorum*
5. Henry of Hesse
6. Langenstein

۷. نک:

J. Samsó, “al-Khāzin” in *Encyclopédia de l’Islam* IV (Leiden-Paris, 1978), 1215-1216.

8. D. A. King, “New Light on the *Zīj al-ṣafāʾiḥ* of Abū Jaʿfar al-Khāzīn”. *Centaurus* 23 (1980), 105-117. Reprinted in King, *Islamic Astronomical Instruments*. Variorum Reprints. London, 1987, no. XI.

جالب است آن است که آن‌ها مقدمه، فهرست و دو مثال ناقص از روش به‌کار بردن ابزار را شامل می‌شوند. مقدمه با جملهٔ «قال محمد بن الحسین» (محمد بن حسین می‌گوید) آغاز می‌شود که با الخازن جور درمی‌آید که نام کامل او ابوجعفر محمد بن محمد الحسین الخراسانی است.

نویسنده همچنین می‌گوید که بعد از مطالعهٔ دقیق مجسطی بطلمیوس تصمیم گرفته است که دایره‌ها، قوس‌ها، مراکز [افلاک]، تقاطع‌ها و دیگر چیزهایی را رسم کند که در مدل‌های بطلمیوس برای خورشید و ماه و دیگر سیارات توصیف شده است، به‌طوری که آن [نقش‌ها] هیئت افلاک آن اجرام آسمانی را تقلید کنند، علل تعدیل‌های آن‌ها را توضیح بدهد و محاسبهٔ موقعیت طولی و عرضی آنها [در دایرةالبروج] را ممکن سازد. سپس امکان ساختن ابزار دومی به ذهنش رسید[۱] که در وهلهٔ نخست کاربرد یکسانی داشته باشد اما از دایره‌های کمتری استفاده کند و او را به انجام محاسبات دقیق‌تر توانا کند. این ابزار به او این اجازه را می‌داد که از استفادهٔ بسیاری از زیج‌ها صرف‌نظر، و کار سنگین محاسبات را ساده کند. او کتابش را در توضیح روش استفاده از این ابزار و همچنین مبانی نظری آن نوشته و معتقد است که بسیاری از مسائل مجسطی را حل کرده است.

البته این اشارات مبهمی که در اینجا خلاصه کرده‌ام به نظر کافی هستند تا نتیجه بگیریم که زیج الصفائح کتابی است که در آن ساختن و کاربرد صفیحه شرح داده شده است. از سوی دیگر این ابزار بسیار بلندپروازانه‌تر از توصیف‌های موجود دربارهٔ صفایح اندلسی است که به فراهم آوردن راه‌حل‌های مبتنی بر ترسیم به‌منظور تعیین طول [دایرةالبروجی] خورشید و ماه و سیارات محدود شده‌اند، در حالی که به نظر می‌رسد ابزار خازن- مانند ابزار کاشانی در سدهٔ نهم هجری-[۲] به عرض [دایرةالبروجی] ماه و سیارات نیز می‌پردازد. فهرست کتاب اطلاعات بیشتری به ما می‌دهد.

اکنون می‌دانیم که کتاب به دو «مقاله» و هر مقاله به چند «نوع» تقسیم می‌شود.[۳] مقالهٔ اول (در پنج نوع) دربارهٔ محاسبهٔ طول و عرض [دایرةالبروجی] سیارات با استفاده از ابزار است (تقویم الکواکب السیّارة بهذه الآلة فی الطول والعرض). چهار نوع نخست مقدمات نظری دربارهٔ مسائل [مربوط به] خورشید و ماه و سیارات است و نوع پنجم به ساخت و استفاده از ابزار مربوط است. مقالهٔ دوم (شامل هفت نوع) به باقی مباحث یک زیج بجز محاسبهٔ موقعیت یک سیاره اختصاص دارد (معرفة الأعمال المذکورة فی الزیجات بعد عمل التقویم)، یعنی مثلثات کروی و نجوم: جَیب، میل [دایرةالبروجی]، مطالع مایل، قضیهٔ منلائوس در نوع اول، تعیین سمت سایه، تعیین مقدار

۱. یا به [ذهن] کس دیگری: یک لکهٔ جوهر (؟) در نسخه وجود دارد که مانع می‌شود که من کلمهٔ اصلی را بخوانم. جمله این‌طور خوانده می‌شود: ثم وقع في (؟) صنعة آلة أخرى.

2. E. S. Kennedy, *The Planetary Equatorium of Jamshīd Ghiyāth al-Dīn al-Kāshī* (d. 1429). Princeton, 1960.

۳. در فهرست مقالهٔ الحاقی که ابونصر منصور در رسالة فی تصحیح ما وقع أبی جعفر الخازن من السهو فی زیج الصفائح به آن اشاره کرده نیامده است.

Rasāʾil Abī Naṣr ilā-l-Bīrūnī (Hyderabad, 1948 no. 3), pp. 39-49.

حرکت معدل‌النهار در زمان داده شده (محاسبهٔ مقدار قوس دایر من الفلک)، خط نصف‌النهار[۱] و سمت قبله[۲] در نوع دوم؛ اختلاف منظر در نوع سوم؛ [قواعد] ممر در احکام[۳]، تشریق و تغریب اجرام سماوی در نور خورشید، رؤیت هلال، اختلاف روز و شب در طول یک سال، اجتماع و استقبال ماه و خورشید در نوع چهارم؛ گرفت‌ها، مطرح شعاعات و تسییر در نوع پنجم. عنوان نوع ششم بسیار جالب است چون به حل همهٔ مسائل گفته شده در پنج نوع پیش با استفاده از ابزار صفایح و بدون محاسبه اختصاص دارد (فی معرفة هذه الأنواع الخمسة من صفائح الزیج بلا حساب). دست آخر، نوع هفتم به حرکات میانگین براساس دو مکتب اختصاص دارد: رصد ...[۴] و امتحان (زیج ممتحن، هر چند ممکن است به معنای حرکات میانگین اعتدالی باشد) و رصد سند هند (احتمالاً حرکات میانگین نجومی).

در کل اگر کسی عنوان‌های شش نوع گفته شده را باور کند، ابزار خازن بسیار بیشتر از یک صفیحه است زیرا مجموعه‌ای از راه‌حل‌های ترسیمی دربارهٔ مسائلی عرضه می‌کند که معمولاً با استفاده از زیج حل می‌شدند. از طریق دو مثال موجود در تصاویر من، حد خوبی از یقین به‌دست می‌آید. اولی در ابتدای نوع ششم از مقالهٔ دوم و دربارهٔ به‌دست آوردن [مقدارهای] جَیب، جَیب معکوس، قوس جیب و قوس جیب معکوس از طریق «صفیحهٔ جنوب» است که به نظر می‌رسد اساساً شامل مجموعه‌ای از خطوط عمود از اجزاء محیط به یکی از قطرها[ی دایره] است. برای استفاده از این صفیحهٔ جنوب آن را بالاتر از بقیه و بر روی آن یک خط‌کش (مسطرة) مدرج شده با وترها و سهم‌ها (جیب معکوس) می‌گذاریم. مثال دوم و آخر در برگ ۱۹۴ر از نسخه آمده[۵] که در پایان نوع پنجم از مقالهٔ دوم است و به راه حل ترسیمی مسئلهٔ مطرح شعاعات اختصاص دارد. برداشت من آن است که او با یک اسطرلاب و با یک صفیحهٔ خاص برای مطرح شعاعات کار می‌کرده است که می‌تواند همان صفیحهٔ پیش‌گفته‌ای باشد که بیرونی آن را توصیف کرده بود و به روش استوایی تقسیم شده بود (بخش ۴ را ببینید). روش او دربارهٔ تسدیس و تثلیث در نیمهٔ شرقی کامل است و من گمان می‌کنم می‌توانم از آن مطالبی دریابم: او عضاده را [در عنکبوت] روی درجهٔ طول [دایرةالبروجی] سیاره می‌گذارد (پس عرض [دایرةالبروجی] سیاره در نظر گرفته نشده است) و محل تقاطع عضاده را با حاشیهٔ مدرج اسطرلاب نشانه می‌گذارد. سپس عضاده را حرکت می‌دهد تا

۱. مستنَد به ابونصر منصور (زیج الصفائح، ص۱۵-۳۳) قضیهٔ ششم از نوع دوم از مقالهٔ دوم دربارهٔ تعیین خط نصف‌النهار با دانستن درجهٔ خورشید، روشی به‌کار برده که تا اندازه‌ای نادرست است.

۲. دربارهٔ اشتباهات خازن در این موضوع، نک: ابونصر منصور، زیج الصفائح، ص ۳۳-۳۹.

۳. دربارهٔ نقدهای خازن به روش‌های ابو معشر در ممر، نک:
Al-Bīrūnī, *on Transits*, translated by M. Saffouri and A. Ifram, with a commentary by E. S. Kennedy (Beirut, 1959), pp. 85-87, 172.

۴. افتادگی در نسخهٔ خطی است.

۵. این تنها برگ از عکس‌های من است که در آن شمارهٔ برگ دیده می‌شود.

آن را بر محل تقاطع معدل‌النهار و کمان گذرنده از سیاره منطبق کند و محل تقاطع عضاده و حاشیه را علامت می‌گذارد. او می‌گوید که اختلاف زاویه‌ای میان دو علامت تعدیل نصف‌النهار است زیرا «هر کدام از کمان‌های روی صفیحه در جای خود به جای افق قرار می‌گیرند» (کل واحد من قسی الصفیحة یقوم فی موضعها مقام الأفق). این جمله برای من یادآور چیزی است که بیرونی دربارهٔ «دایره‌های» صفیحهٔ مطرح شعاعات خود بر حسب روش معدل‌النهار گفته بود: هر یک از آنها تصویر افقِ آن عرض جغرافیایی است که [اجزاء] بین صفر و عرض [جغرافیایی] صفیحه را شامل می‌شود. اگر چنین حالتی باشد روش را می‌توان با شکل ۳ توضیح داد که در آن:

HH' افق صفیحه است،

QQ' معدل‌النهار است،

EE' دایرةالبروج است،

G ابتدای برج حمل است (صفر درجهٔ حمل)،

K درجهٔ دایرةالبروجی سیاره است که مطرح شعاعات آن مطلوب است،

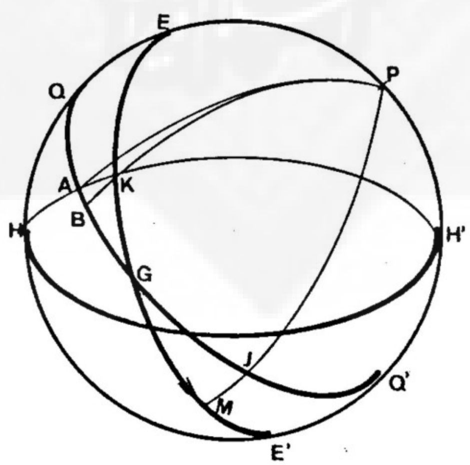
PB موقعیت نخست عضاده است،

B نخستین نشانه روی حاشیهٔ اسطرلاب است،

$HAKH'$ کمان گذرنده از سیارهٔ K است،

PA موقعیت دوم عضاده است،

A علامت دوم روی حاشیهٔ اسطرلاب است.



شکل ۳

اگر $HAKH'$ را افقی در نظر بگیریم که سیارهٔ K در لحظهٔ داده شده از آن می‌گذرد، $GQ'A$ مطالع مایل K و $GQ'B$ مطالع مستقیم آن است و

$$e = GQ'B - GQ'A$$

به‌روشنی برابر با تعدیل‌النهار سیارهٔ K است.

حال اگر درجهٔ طول [دایرةالبروجی] سیاره از صورت‌های شمالی باشد، با یک تسدیس از چپ مواجهیم و [چنین] اضافه می‌کنیم:

$$۶۰^\circ + \frac{e}{۳}$$

و این مقدار را بر اساس صورت‌های دایرةالبروج از نشانهٔ دوم (A) روی حاشیهٔ ابزار محاسبه می‌کنیم. عضاده را روی انتهای این کمان (AJ) می‌گذاریم و محل تقاطع آن را با عنکبوت نشانه می‌گذاریم. درجهٔ متناظر با دایرةالبروج (M) موقع نزول شعاعات تسدیس چپ است. در واقع ما مطالع مستقیم معکوس (GM) کمان میل GJ را به‌دست آورده‌ایم.[۱] در باقی صفحه تنها دستورالعمل‌هایی در ارتباط با نشانه‌های مثبت یا منفی $\frac{e}{۳}$ بر حسب موقعیت‌های مختلف نقطهٔ K و مشخصهٔ راست یا چپ مطرح [شعاعات] آمده است.

در پایان این بخش از مقاله گمان می‌کنم ابزاری که در زیج الصفائح توصیف شده است شامل یک صفیحه است همراه با مجموعه‌ای از راه‌حل‌های ترسیمی مسائل استاندارد نجوم که در شمار [کاربرد] اسطرلاب است. احتمالاً اجزاء مختلف آن در صفایح خاص اسطرلاب عرضه شده‌اند و بی‌شک صفیحه‌هایی بودند که در آنها مقدارهای جدولی (مثلاً مقدارهای متوسط) نوشته شده بودند. هیچ راهی به یک نتیجهٔ مشخص دربارهٔ امکان تأثیر صفیحهٔ خازن بر ابزاری که ابن سمح طراحی کرده است نمی‌رسد، اگرچه هر دو در این واقعیت مشترک هستند که اسطرلاب‌هایی به همراه صفایح هستند.[۲] به هر حال مورد خازن گرایش آشکاری به مطالعهٔ این انتقال‌های محدود میان شرق و غرب اسلامی تا آغاز سدهٔ پنجم هجری ایجاد می‌کند. به خاطر داشته باشیم که بیرونی به زیج الصفائح خازن همراه با کتاب حرکت الشمس ابراهیم بن سنان از جملهٔ منابع شاخصی اشاره می‌کند که توضیحی دربارهٔ اقبال و ادبار در آن‌ها می‌توان یافت و می‌گوید که هر دو منبع کاهش میل دایرةالبروج را به سبب حرکت قطب‌های دایرةالبروج حول «یک نقطه» توضیح داده‌اند

---

۱. بنابراین نظامی که برای مطرح شعاعات به‌کار رفته است تا اندازه‌ای با روشی که بیرونی به بطلمیوس منتسب می‌کند متفاوت است. نک:

E. S. Kennedy and H. Krikorian-Preisler, "The Astrological Doctrine of Projecting the Rays" in E. S. Kennedy et al., *Studies in the Islamic Exact Sciences* (Beirut, 1983), p. 374.

همچنین روش متفاوتی را که در سدهٔ سوم هجری توسط هاشمی توصیف شده است ببینید که در آن مقدار افزوده به مطالع مایل در طول [دایرةالبروجی] سیاره نیز به سه قسمت شده است:

ʿAlī ibn Sulaymān al-Hāshimī, *The Book of the Reasons behind Astronomical Tables (*Kitāb fī ʿilal al-zījāt). Translation by F. I. Haddad and E. S. Kennedy, commentary by D. Pingree and E. S. Kennedy. New York, 1981, pp. 186, 323-324

۲. می‌خواهم توجه را به این واقعیت جلب کنم که عنوان زیج الصفائح را که خازن به‌کار برده است، می‌توان با صفیحهٔ زیجیه که زرقالی در نامیدن صفیحهٔ خود به‌کار برده است مرتبط دانست. نک:

M. Comes, *Ecuatorios andalusíes* p. 203.

(حرکة قطبی فلک‌البروج حول نقطة).[۱] سابقهٔ شرقی اقبال و ادبار کـه به‌دسـت منجمـان اندلسـی در سدهٔ پنجم هجری گسترش یافت هنوز بررسی نشده است.[۲]

۶. نطاقات سرعت و ممر

به نظر نمی‌رسد نطاقات، موضوعی عمومی در زیج‌های دورهٔ اسلامی باشد. کنـدی در پژوهشـی در زیج‌های دورهٔ اسلامی تنها به سه زیج اشاره کرده است که جـدول نطاقـات دارنـد[۳] (زیـج ایلخـانی خواجه نصیرالدین طوسی، زیج خاقانی کاشانی و زیج سلطانی الغ بیگ) که سه تـای دیگـر (قـانونِ بیرونی، زیج اشرفی سنجر کمالی، زیج محقَق شمس منجم) را در مقالهٔ ارزشمند خود دربارهٔ آموزهٔ ممر[۴] به آن‌ها افزوده است. بیشتر این منابع متأخر هستند لیکن نخستین اشاره‌ها به نطاقات و ممـر را در آثار نجومی و احکامی سده‌های دوم و سوم هجـری می‌تـوان یافـت نظیـر آثـار ماشـاءاللّٰهُ[5]، ابـو معشر، ابن هِبِنْتا و هاشمی.[۶] هرچند کامل‌ترین اطلاعات دربـارهٔ ایـن موضـوع را بیرونـی در رسـالهٔ تمهید المستقر لتحقیق معنا الممر آورده است.[۷]

زیج جیان ابن معاذ نخستین منبع اندلسی است که در فصل ۱۱ از ترجمهٔ لاتینی آن به نطاقات و ممر پرداخته شده است. در فصل ۳۹ از زیج ابن اسحاق[۸] متن عربی در یک نقـل قـول طـولانی بـا عنوان «وأمّا مذهب القاضی ابن معاذ، قالَ...» (روش قاضی ابن معاذ، چنین گوید: ...) آمده است: خورشید و ماه حرکت بازگشـتی ندارنـد امـا سـرعت آنهـا کـم و زیـاد می‌شـود. هـر دو بـا رسـیدن اختلافشان (زاویهٔ تعدیل)[۹] به انتهای نطاقات اول و سوم به سرعت متوسط (معتدل السیر) می‌رسـند در حالی که در نطاقات اول و چهارم «بطئ السیر» هستند و در نطاقات دوم و سوم «سـریع السـیر» هستند. در متن عربی به مقدار تعدیل متناظر با انتهای نطاقات اول و سوم اشاره نشـده اسـت و تنهـا آمده است که از جدول مربوط دانسته می‌شود (وذلک معلوم من جدوله). ترجمـهٔ لاتینـی روشـن‌تر است و حدود زیر را آورده است (که از اوج محاسبه شده‌اند):

---

1. Al-Bīrūnī, *al-Āthār al-Bāqiya ʿan al-Qurūn al-Khāliya*. Ed. C.E. Sachau (Leipzig, 1923), 326; *Kitāb taḥdīd nihāyāt al-amākin li-taṣḥīḥ masāfāt al-masākin*. ed. by P. Boulgakoff in *Majallat Maʿhad al-Makhṭūṭāt al-ʿArabiyya* 8(1962), 101; translation of this latter work by J. Ali, *The Determination of the Coordinates of Cities* (Beirut, 1967), p. 70; E.S. Kennedy, *A Commentary upon Bīrūnī's Kitāb Taḥdīd al-Amākin* (Beirut, 1973) p. 43.

۲. دربارهٔ اقبال و ادبار در اندلس، نک:

Samsó, *Ciencias de los Antiguos* pp. 219-240; "Trepidation in al-Andalus in the 11th century" in Samsó, *Islamic Astronomy and Medieval Spain*. Variorum Reprints, 1994.

همچنین مقالات مرسیه (R. Mercier) و رجب (J. Ragep) را در این باره ببینید.

3. E. S. Kennedy, "A Survey of Islamic Astronomical Tables", *Transaction of the American Philosophical Society* (Philadelphia) 46, no. 2 (1956) pp. 21, 40, 43, 45.

ترجمهٔ فارسی: پژوهشی در زیج‌های دورهٔ اسلامی، ترجمهٔ محمد باقری، ۱۳۷۴.

4. E. S. Kennedy, "The Sasanian Astronomical Handbook Zīj-i Shāh and the Astrological Doctrine of 'Transit' (Mamarr)" in Kennedy et al. *Studies in the Islamic Exact Sciences*, pp. 319-335.
5. D. Pingree, *The Thousands of Abū Maʿshar* (London, 1968), 75-76.
6. Haddad, Kennedy and Pingree, *The Book of the Reasons* pp. 286-289, 295, 305, 307-308, 314-315.
7. *Rasāʾil al-Bīrūnī* (no. 3), Hyderabad 1367/1948. See Saffouri, Adnan and Kennedy, *Al-Bīrūnī on Transits*.

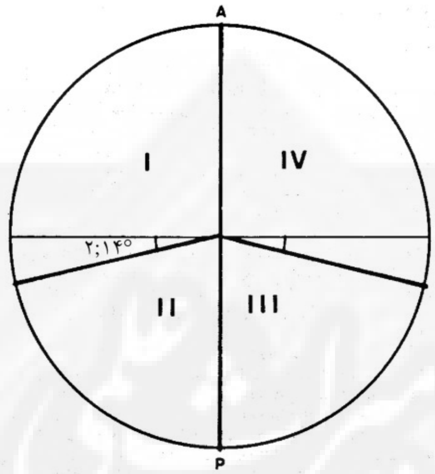
۸. برگ‌های نسخهٔ شمارهٔ ۲۹۸ کتابخانهٔ ایالت آندرا پرادش حیدرآباد شماره ندارند.

۹. حصهٔ خورشید، حصهٔ معدلهٔ ماه

خورشید: ۹۲;۱۴° ۲۶۷;۴۶° (= ۳۶۰° − ۹۲;۱۴°)

ماه: ۹۴;۵۶° ۲۶۵;۴° (= ۳۶۰° − ۹۴;۵۶°)

این حدود با حداکثر تعدیلِ ۲;۱۴° برای خورشید و ۴;۵۶° برای ماه هم‌خوانی دارند که مشخصه‌های هندیِ معیار هستند که در میان منابعِ بسیار دیگر، در زیج خوارزمی استفاده شده است (شکل ۴).



شکل ۴

اگر بر این حدود تأکید کنیم نتایج آشکاری خواهند داشت: سرعت متوسط رسیدن جرم آسمانی وابسته به حداکثر مقدار تعدیل است، اگر خورشید و ماه در ۹۲;۱۴° و ۹۴;۵۶° از اوجشان به حداکثر تعدیل برسند بدان معناست که جدول‌های متناظر در زیج ابن معاذ با روش‌های بطلمیوسی محاسبه شده‌اند و نه راه‌حلی که بر اساس [مقدار] میل‌های به‌کار رفته در زیج خوارزمی آمده است که بر اساس آن در ۹۰° به بیشینهٔ تعدیل می‌رسند.[1] به عبارت دیگر در فصل ۹ از زیج جیان روشن است که ابن معاذ یک مدل ساده شده از ماه را به‌کار برده است که تنها یک تعدیل دارد، در حالی که شواهد موجود در فصلی که اکنون دربارهٔ آن تحقیق می‌کنیم این است که مدل، یک [فلک] خارج مرکز دارد و نه یک حامل موافق مرکز و تدویر آن. همان‌طور که هر دو متن عربی و لاتینی به‌وضوح نوشته‌اند:

1. E. S. Kennedy and A. Muruwwa, “Bīrūnī on the Solar Equation” in Kennedy et al., *Studies* pp. 603-612.
همین مفهوم در یک عبارت منحصر به فرد از هاشمی دربارهٔ حرکت متوسط خورشید در زیج شاه دیده می‌شود که [به او] رسیده است، بر اساس متن [حداکثر تعدیل] در ۹۲;۱۴° از اوج است به‌رغم این واقعیت که به‌خوبی می‌دانیم که این زیج از روش جیب در محاسبهٔ تعدیل خورشید استفاده کرده است که در آن مقدار بیشینهٔ تعدیل در ۹۰° است (Haddad, Kennedy and Pingree, *Book of the reasons*, pp. 153 and 295-297).

وأمّا صعود الكواكب وهبوطها فإنّ لكل كوكب منها فلك أوج ثم لكل واحد من الخمسة المتحيرة زيادة خاصة فلك تدويره

Ad sciendum uero ascensionem stellarum, et earum descensionem, est notandum quod unicuique stellae earum est orbis augis, et unicuique 5 erraticorum est addition prima orbis reuolutionis suae.

بنابراین خورشید، ماه و سیارات یک فلک خارج مرکز دارند (که همان فلک اوج است) و تنها پنج سیاره فلک تدویر دارند. من دو کاربرد دیگر از فلک خارج مرکز را در مدل ماه می‌دانم: در علل الزیجات هاشمی[۱] و ساده شدهٔ آن در مدل نخست [ماه] در صفیحهٔ ابن سمح.[۲]

نطاقات سرعت در پنج سیاره نیز به‌کار می‌روند. در هر دو [صورت] عربی و ترجمهٔ لاتینی حدود [نطاقات] مطابق آنچه در جدول‌ها دیده می‌شود نیامده است. نطاقات [فلک‌های] حاملِ سیارات مشابه خورشید و ماه هستند در حالی که نطاقات [فلک‌های] تدویر کاملاً معکوس هستند (نطاقات اول و چهارم سریع هستند و نطاقات دوم و سوم کند هستند). اگر کسی بخواهد مشخصهٔ کندی یا تندی یک سیاره را در لحظهٔ داده شده به‌دست آورد، اگر سیاره در نطاق تندی یا کندی از فلک تدویر خود و مرکز آن در نطاق هم‌ارز از فلک حامل باشد، کار بسیار آسان است. دشواری زمانی است که نطاقات تدویر و حامل متفاوت باشند: در این حالت معمولاً نطاق تدویر دستِ بالا دارد اما باید با در نظر گرفتن حرکت واقعی سیاره در یک روز کنترل شود: فإن أردت تحقيقها فأعلم حركة الكوكب المختلفة حينئذ ليوم واحد.

اکنون این پرسش مطرح می‌شود که آیا زیج ابن معاذ جدول‌های سرعت سیارات دارد یا نه؟

متن با مجموعه‌ای از تعاریف دربارهٔ نطاقات ادامه دارد که آیا یک جرم آسمانی در «عدد»، «حساب» و تعدیل زاید است یا ناقص و این که آیا «صاعد» است یا «هابط». تعاریف و اصطلاحات به‌کار رفته دقیقاً با آن‌چه در التفهیم[۳] یا قانون[۴] بیرونی می‌خوانیم مطابق است. هرچند جالب‌ترین قسمت، عبارتی است که در آن ابن معاذ روش محاسبهٔ ممر یک سیاره از فراز سیارهٔ دیگر را توضیح می‌دهد اگر هر دو در «اقتران» یا «تناظر» [نسبت با هم] باشند. به نظر می‌رسد این بخش گزارشی از روش ابو معشر است آن طور که بیرونی در رساله‌اش دربارهٔ ممر[۵] آورده است:

در این منبع اخیر یک جدول وتر آمده است که هر وتر (w) حاصل ضرب بیشنهٔ تعدیل مراکز و اختلاف هر سیاره در یک مقدار ثا بت است (K):

$$w = K \cdot e_{max}$$

K برای سیارات $\frac{۴}{۲۵}$ و برای ماه و خورشید $\frac{۸}{۲۵}$ است.

1. Haddad, Kennedy and Pingree, *The Book of the Reasons* pp. 150 and 313.
2. Comes, *Ecuatorios andalusíes* pp. 63-65.
3. al-Bīrūnī, *Kitāb al-tafhīm li-awā'il sinā'at al-tanjīm*. Transl. by Ramsay Wright (London, 1934), pp. 110-112.
4. al-Bīrūnī, *Qānūn* III, pp. 1454-1455, 1458-1459.
5. al-Bīrūnī, *Mamarr*. p. 86; *Transits* pp. 95-96, 176-178. See also *Qānūn* III, pp. 1461-1462.

اگر بخواهیم مقایسه کنیم که کدام‌یک از دو سیارهٔ متناظر از فراز دیگری می‌گذرد (آن‌که دورتر از زمین است بدون در نظر گرفتن نظام فیزیکی که در آن هر یک از سیارات در فلکش حرکت می‌کند، افلاکی که هر یک در میان دیگری است)، دوباره تعدیل‌های مرکز و اختلاف (e) را برای مرکز یا اختلاف داده شده در K ضرب می‌کنیم و نتیجه را «وتر جزئی» می‌نامیم. سپس وتر جزئی را بر وتر تقسیم می‌کنیم. نتیجه (m) «دقایق ممر کوکب از وتر» است:

$$m = \frac{K_e}{K_{e_{max}}} = \frac{e}{e_{max}}$$

ابومعشر در نطاقات اول و سوم مستقیماً با m عمل می‌کند، m در نطاق اول مقدار هبوط سیاره از اوجش است[1] و در نطاق سوم مقدار صعودش است. او برای نطاقات دوم و چهارم تفریق می‌کند:

$$w - m$$

حاصل، مقدار هبوطِ آن در نطاق دوم و صعودش در نطاق چهارم است.

چنان‌که در نمودارهای ۵ و ۶ دیده می‌شود[2] نتایج به‌دست آمده تا حدی خام هستند، من مقدار تابع را در نطاق‌های اول و دوم ([نطاق‌های] سوم و چهارم قرینه هستند) برای خورشید رسم کرده‌ام که در آن به گفتهٔ ابومعشر $w = ۰;۴۲,۴۲,۳۶$ است. به نظر نمی‌رسد حاصل تفریق $w - m$ در نطاق‌های دوم و چهارم هیچ استفادهٔ عملی داشته باشد زیرا ما را به هیچ ضابطهٔ عمومی رهنمون نمی‌شود که ما را از سفسطه‌بازی برهاند: هر نطاقی باید جداگانه بررسی شود و در نطاقات اول و دوم مقدار افزایش می‌یابد، زیرا سیاره از اوج خود دورتر است در حالی که در نطاق‌های سوم و چهارم به عکس است.

به نظر می‌رسد روش ابن معاذ جرح و تعدیلی از روش ابومعشر است. او مقدار تعدیل (مرکز و اختلاف) جرم آسمانی را در نقطهٔ داده شده گرفته است (e) و [آن را] در «اصل ممر» (w)، که در جدول یافت می‌شود، ضرب می‌کند. این نشان می‌دهد که او ثابت غیرضروری (K) را به‌کار نمی‌برد و برای w داریم:

۱. فرمول ابومعشر مشکلاتی به‌وجود می‌آورد، به‌ویژه به‌دلیل ناهماهنگی او در به‌کار بردن اصطلاحات خود. بنابراین او می‌گوید: «وقتی دقایق ممر با دقایق وتر برابر باشد ممر در ابتدای نطاق دوم آغاز می‌شود»:

فإذا ساوی دقائق الممر دقائق الوتر كان ممره في أول النطاق الثاني

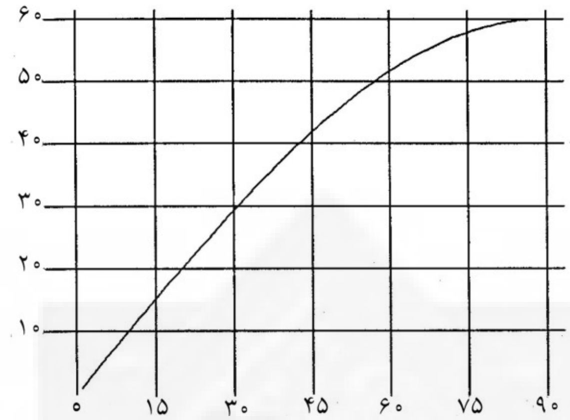
که به‌وضوح درست نیست زیرا در ابتدای نطاق دوم $e = e_{max}$ و

$$m = \frac{e}{e_{max}} = ۱$$

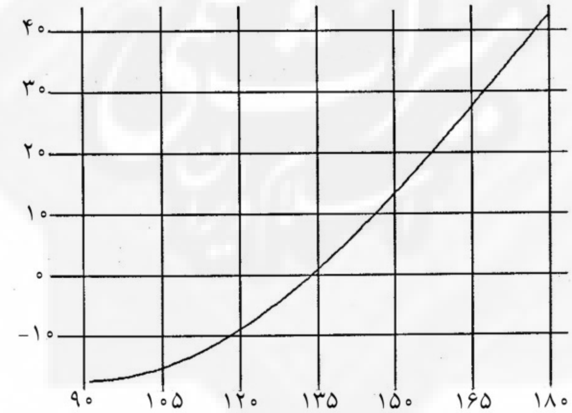
که احتمالاً منظور ابو معشر در اینجا «دقایق وتر جزئی» به جای «دقایق ممر» بوده است.

۲. برای این نمودارها از برنامهٔ «Table Analysis» بنو ون دالن (Benno van Dalen) استفاده کرده‌ام.

$$w = \frac{۶۰}{e_{max}}$$



شکل ۵، ابومعشر، ممر، نطاق اول



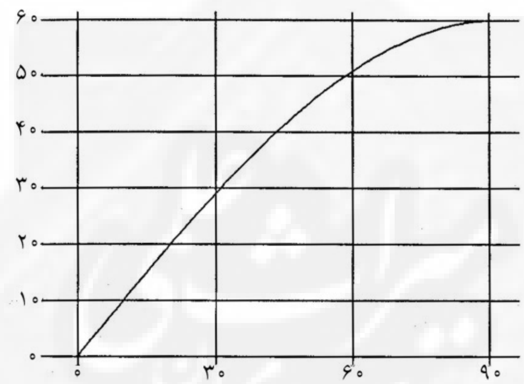
شکل ۶، ابومعشر، ممر، نطاق دوم

سپس به استدلال به‌کار رفته در به‌دست آوردن معادله پرداخته است. اگر متناظر با نطاقات اول و چهارم باشد، $e \cdot w$ «دقایق الممر» (m) است و اگر متناظر با نطاقات دوم و سوم باشد، او حاصل را از ۶۰ کم می‌کند:

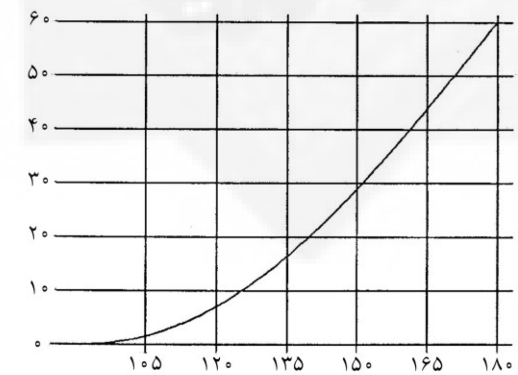
$$m = ۶۰ - e \cdot w$$

برای مثال من این تابع را برای خورشید ($e_{max} = ۲;۱۴^\circ$) در شکل‌های ۷ تا ۱۰ رسم کرده‌ام که در آن می‌توانیم ببینیم که ابن معاذ در ساده‌سازی قاعده موفق بوده است تا تعیین کند که کدام یک از دو سیاره از فراز دیگری می‌گذرد: مقدار مطلق m، با دور شدن جرم آسمانی از اوجش، در همه حال

افزوده می‌شود. در مورد سیارات مقدار m متناظر با [فلک] حامل و تدویر است. اگر هـر دو مقـدار، متناظر با محدودهٔ یکسانی (صعود یا هبوط) از هر دو نطاق باشند مشکلی نیست. اگر توافقی نباشد مقدارهای تدویر ارجح است.[1] متن با ملاحظاتی دربـارهٔ تغییـرات روشـنایی و قطـر ظـاهری اجـرام آسمانی تمام می‌شود: هر دوی اینها با نزدیک شدن جرم به اوج کم می‌شوند بجز ماه که روشنایی آن تابعی از کشیدگی‌اش نسبت به خورشید است. اشاره به این قابل اعتناست که در ترجمـهٔ لاتینـی بـه جدولی از اندازه‌های ظاهری اشاره شده است[2] که موضوع آن مرکز معدل خورشید و ماه و اخـتلاف معدل سیارات است: مقداری کـه در جـدول آمـده اسـت قطـر ظـاهری سـیارات و شـعاع ظـاهری خورشید و ماه است.



شکل ۷، ابن معاذ، ممر، نطاق اول



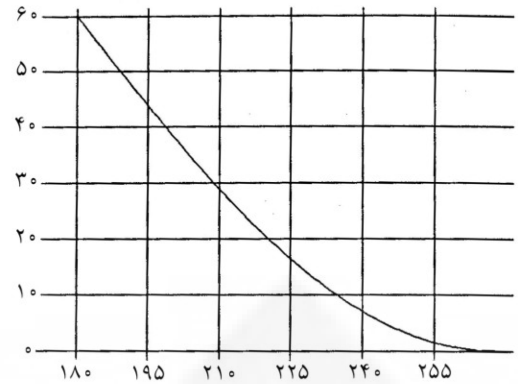
شکل ۸، ابن معاذ، ممر، نطاق دوم

۱. این با ترتیب اولویت‌ها در زیج ابومعشر متناقض است.

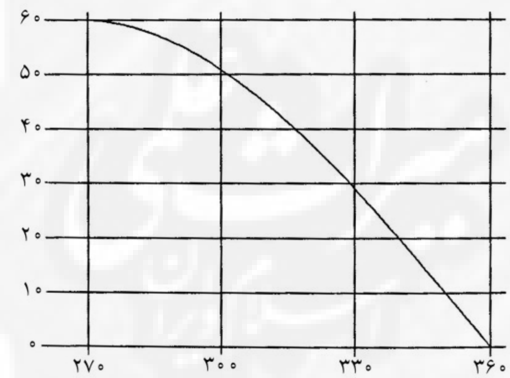
۲. بیرونی به جدول مشابهی در زیج ابومعشر اشاره کرده است.

Mamarr, p. 88; *Transits*, p. 97.

Mamarr, p. 88; *Transits*, p. 98.



شکل ۹، ابن معاذ، ممر، نطاق سوم



شکل ۱۰، ابن معاذ، ممر، نطاق چهارم

در نتیجه [در نوشته‌های] ابن معاذ و بیرونی مشابهت‌های بسیاری میان رفتار نطاقات سرعت و ممر وجود دارد. به نظر می‌رسد روشی که ابن معاذ در محاسبهٔ اینکه آیا یک جرم آسمانی در ممر خود از فراز [جرم] دیگر می‌گذرد، توضیح می‌دهد [صورت] بهینهٔ روش ابومعشر در [رسالهٔ] ممر است و به وضوح می‌توان محتمل دانست که منبع اصلی ابن معاذ زیج گمشدهٔ ابومعشر بوده باشد.

۶. نتایج

از این تفصیل نتایج معینی به‌دست نمی‌آید مگر در یک مورد: این واقعیت که بیرونی به‌صراحت گفته است که روش اول سموت را برای تسویهٔ دایرةالبروج ابداع کرده و روش مشابهی از ابوالقاسم بن سمح شناخته شده است، در حالی که بیرونی هنوز زنده بوده است که به نظر جهت انتقال را نشان می‌دهد. این با توصیف [موجود] در استیعاب دربارهٔ رسم صفیحهٔ محاسبهٔ تسییر و مطرح شعاعات با استفاده

از روش معدل‌النهار جور در می‌آید، [روشی] که در مجموعهٔ نجومی [آلفونسی] در سدهٔ ۱۳م دوباره دیده می‌شود و روش مشابهی در سدهٔ ۱۱م به‌منظور تسویهٔ بیوت به‌کار رفته بود. بنابراین استیعاب منبعی اساسی است که باید به‌خوبی بررسی شود تا ببینیم که آیا مطابقت‌های دیگری با منابع اندلسی کشف می‌شود (تسطیح قائمی که در پشت صفیحهٔ زرقالی به‌کار رفته است و اسطرلاب کروی که در متن‌های آلفونسی توصیف شده است کاندیداهای گویایی هستند).

شاهد تازه‌ای که در زیج الصفائح ابوجعفر خازن آمده است نشان می‌دهد که این نویسنده روشی ترسیمی برای تعیین طول [دایرةالبروجی] سیارات طراحی کرده بود اما تا زمانی که همهٔ متن مطالعه شود نمی‌توانیم وجود رابطه‌ای را میان این متن و صفایح سدهٔ پنجم و ششم هجری در اندلس را نشان بدهیم. این زیج همچنین توجه آشکاری به منشأ اقبال و ادبار دارد [که] عنصر ویژه‌ای در گسترش نجوم اندلسی از سدهٔ پنجم هجری به بعد است.

باقی شواهد مربوط به ابن معاذ جیانی است که دانسته‌های او دربارهٔ پیشرفت‌های ریاضیات و نجوم در سرزمین‌های شرقی [خلافت اسلامی] تا سدهٔ پنجم هجری ممتاز به نظر می‌رسد. مثلثات کروی نزد او به‌خصوص قابل توجه است و به‌طور قطع بدون دانش کافی از منابع شرقی در همین موضوع نمی‌توانسته نوشته شده باشد. باقی موادی که در اینجا عرضه شد (روش زیج‌ها در به‌دست آوردن سمت قبله و روش جیانی دربارهٔ نطاقات سرعت و ممر سیارات) پس از افزوده شدن به کتاب المجهولات تفوق روشنی به‌دست آوردند. به‌طور کلی باید بر این واقعیت تأکید کرد که به‌خصوص، مشخص کردن منابع اصلی ابن معاذ دشوار است چون این نویسنده خود را به رونویسی از مراجع محدود نمی‌کند بلکه پیشرفت‌های اصلی را معرفی می‌کند: استفادهٔ متفاوت او از مثلث قطبی در مقایسه با ابونصر منصور و بهبود روش ابومعشر در محاسبهٔ ممر مثال‌های خوبی از گرایش و [نحوهٔ] نگرش او هستند.