



دوفصلنامه تاریخ علوم و فناوری دوره اسلامی
سال نهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۹
شماره پیاپی: ۱۸

صاحب امتیاز: مؤسسه پژوهشی میراث مکتوب
مدیر مسئول: اکبر ایرانی
سر دبیر: محمد باقری
مدیر داخلی: زینب کریمیان
ویراستار: پویان رضوانی
اجرای جلد: محمود خانی

مدیر فنی و امور چاپ: حسین شاملوفرد

همکاران علمی

حسن امینی * حمید بهلول * پویان رضوانی * فاطمه سوادی * حنیف قلندری * یونس کرامتی * امیرمحمد گمینی
شمامه محمدی فر * راضیه سادات موسوی * یونس مهدوی * سجاد نیکفهم خوبروان

مشاوران علمی

پرویز اذکائی * یوسف ثبوتی * توفیق حیدرزاده
محمدابراهیم ذاکر * حسن طارمی * حمیدرضا گیاهی یزدی
مهدی محقق * حسین معصومی همدانی * محمدجواد ناطق * سیدحسین نصر
علی بابایف (جمهوری آذربایجان) * جان لنارت برگرن (کانادا) * گلن وان بروملن (کانادا) * احمد جبار (فرانسه)
سرگی دمیدوف (روسیه) * رشدی راشد (فرانسه) * جمیل رجب (کانادا) * سری رامولا سارما (آلمان)
ژاک سزبانو (سوئیس) * جورج صلیبا (امریکا) * حکیم سید ظل الرحمان (هند) * رادا چاران گوپتا (هند)
مصطفی موالدی (سوریه) * یان پیتر هوشندایک (هلند) * میچیو یانو (ژاپن)

تصویر پشت جلد: نقش کاشیکاری در آرامگاه سیده نفیسه در قاهره (بنگرید به مقاله نقوش هندسی هنر اسلامی در
همین شماره میراث علمی)

نشانی مجله: تهران، خیابان انقلاب اسلامی، بین خیابان دانشگاه و ابوریحان، ساختمان فروردین، شماره ۱۱۸۲، طبقه چهارم، شماره ۱۶
کد پستی: ۹۳۵۱۹-۱۳۱۵۶ تلفن: ۶۶۴۹۰۶۱۲ دوزنگار: ۶۶۴۰۶۲۵۸

www.mirasmaktoob.ir
miraselmi@mirasmaktoob.ir / miraselmi90@gmail.com

بها: ۶۰۰۰۰۰ تومان



فهرست

۱ | سرسخن

مقاله

- ۳ نقوش هندسی هنر اسلامی
اریک پروگ، ترجمه نرگس عصارزادگان
- ۱۳ دیوفانتوس، کرجی و معادلات درجه دوم
جفری ا. اوکس، ترجمه محمدمهدی کاوه‌پزیدی
- ۴۲ ساعت‌های آفتابی در تونس و دیگر کشورهای قلمرو تمدن اسلامی
فتحی جری، ترجمه مهسا راقب
- ۵۴ نکاتی پیرامون تصحیح نسخه‌های خطی نجوم دوره اسلامی
احمد دلال، ترجمه پویان رضوانی
- ۶۵ دو متن کهن فارسی درباره زمان‌سنجی با سایه و تعیین اوقات نماز
پویان رضوانی، ترجمه نسرین حکمی
- ۸۳ زیج خوارزمی
بنو وان دالن، ترجمه محمد باقری
- ۹۸ پژوهشکده تاریخ علم دانشگاه تهران
حنیف قلندری

معرفی کتاب

- ۱۲۷ *بازنامه ناصری*
شمامه محمدی‌فر

نسخه‌های خطی

- ۱۳۱ نسخه تازه یاب *شمس الحساب الفخری*
و انتقال از *المهرشد فی الحساب*
علی صفری آق‌قلعه

یادنامه‌ها

- ۱۳۸ والتر هینتس: بنیان‌گذار ایران‌شناسی نوین در آلمان
انوشه هادزاد
- ۱۵۵ بانوی خورشید
نفیسه نعیمی‌پور
- ۱۵۸ درگذشت ریچارد لورچ تاریخ‌نگار دوره اسلامی
بنو وان دالن، منسو فولکرکس و محمد باقری

رسائل

- ۱۶۱ رساله حساب آتانیای شیرازی
سهاک کوکیان، ترجمه حسن امینی
- ۱۷۲ دو رساله کهن درباره قطب‌ها
پترا گ. اشمیدل، ترجمه نرگس عصارزادگان



زیج خوارزمی^۱

بنووان دالن^۲

ترجمه محمد باقری

خوارزمی ریاضی دان و جغرافی دان برجسته ای بود که در نیمه اول سده سوم هجری در بغداد می زیست. اثر مهم او به نام زیج سندهند رساله ای نجومی شامل جدول ها و توضیحات مربوط به آنها بود. این زیج عمدتاً بر پایه روش های هندی بود، و بر خلاف بیشتر زیج های بعدی دوره اسلامی که مبتنی بر الگوهای سیاره ای یونانی بودند، پیرو مجسطی بطلمیوس نبود. زیج سندهند تنها در ترجمه لاتینی تحریری که مسلمة بن احمد مجریطی (قرطبه، حدود ۳۹۰ ق) از آن فراهم کرد موجود است. برخی روش های هندی مورد استفاده خوارزمی از طریق این ترجمه و همچنین جدول های طلیطله به اروپای غربی راه یافت.

ساختار ریاضی مقادیر و مشخصه های نجومی اغلب جدول های ترجمه لاتینی زیج سندهند یافته شده است. با استفاده از این داده های ریاضی، منشأ بیشتر جدول ها را می توان تعیین کرد. یکی از چند جدولی که ساختار ریاضی شان مشخص نشده جدول تعدیل زمان است.^۳

زندگی و آثار خوارزمی

ابو جعفر محمد بن موسی خوارزمی چنان که از لقبش بر می آید، از خانواده ای برخاسته از خوارزم بود. به گفته طبری مورخ (۲۲۴-۳۱۱ ق) خود خوارزمی اهل قَطْرُبَل در حومه بغداد بود.^۴ خوارزمی در دوره حکومت خلفای عباسی، مأمون (۱۹۷-۲۱۸ ق)، معتصم (۲۱۸-۲۲۷ ق) و

۱. این مقاله ترجمه ایست از:

van Dalen, Benno, "Al-Khwarizmi's Astronomical Tables Revisited: Analysis of the Equation of Time", *De Bagdad A Barcelona*, Barcelona, 1996, pp. 195-252.

۲. فرهنگستان علوم باواریا، مونیخ، bvdalen@ptolemaeus.badw.de

۳. مؤلف در پایان مقاله، جدول تعدیل زمان زیج خوارزمی را به تفصیل بررسی و تحلیل کرده و نشان داده است که این جدول بر پایه مقادیر دو مشخصه بطلمیوسی و مشخصه دیگری است که مؤلفان زیج ممتحن (بغداد، حدود ۲۳۰ ق) یافتند.

۴. بنگرید به: قربانی، ابوالقاسم، زندگینامه ریاضیدانان دوره اسلامی، تهران، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ دوم، ۱۳۷۵، ص ۲۳۸-۲۴۶؛ «خوارزمی»، زندگینامه علمی دانشمندان اسلامی، ج ۲، ویرایش غلامحسین صدری افشار و محمد باقری، تهران، انتشارات علمی و فرهنگی، ۱۳۹۵، ص ۵۵-۶۶.

واثق (۲۲۷-۲۳۲ق) در بغداد فعالیت ریاضی و نجومی داشت. در زمان حکومت مأمون، عضو «بیت الحکمه» شد؛ نهادی علمی که خلیفه حامی جدی آن بود. آثار خوارزمی در جبر و نجوم به مأمون تقدیم شده و بنابراین احتمالاً پیش از ۲۱۸ق نوشته شده است. در رساله‌اش درباره‌ی شمارهای هندی^۱، به رساله‌ی جبرش اشاره می‌کند و لابد آن را بعدتر نوشته است. در رساله‌اش درباره‌ی تقویم یهود مثالی برای سال ۲۰۷ق آورده است. زمان نگارش بقیه‌ی آثارش، رساله‌ای در جغرافیا، کتاب التاریخ، رساله‌ای درباره‌ی ساعت آفتابی و دو رساله در اسطرلاب، نامعلوم است.

آثار خوارزمی، هم در جهان اسلام و هم در اروپای سده‌های میانه اثرگذار بود. رساله‌ی جبرش با عنوان کتاب المختصر فی حساب الجبر والمقابلة^۲ قرن‌ها کتاب درسی و الگویی برای رساله‌های جبر مؤلفان بعدی بود. ترجمه‌ی لاتینی این اثر، پایه‌ای برای پیدایش جبر در اروپا و منشأ نام اروپایی این علم شد.

ترجمه‌ی لاتینی رساله‌ی خوارزمی درباره‌ی حساب هندی که اصل عربی‌اش در دست نیست، انگیزه‌ی نگارش چند رساله‌ی حساب در اروپا در سده‌های ۱۲ و ۱۳ میلادی (۶ و ۷هـ) شد. عنوان بسیاری از این رساله‌ها حاوی صورت لاتینی نام خوارزمی، «الگوریسموس» بود که واژه «الگوریتم» از آن گرفته شده است.

زیچ سندهند که مهم‌ترین اثر نجومی خوارزمی است، عمدتاً بر پایه‌ی روش‌ها و مشخصه‌های هندی موجود در سندهند اثر برهماگوپتا منجم هندی سده‌ی اول هجری است. محمد بن ابراهیم فزاری در حوالی سال ۱۵۰ قمری این اثر را که برهماسپوتاسدهانتا نام داشت از سانسکریت به عربی ترجمه کرد. مطالب دیگر برگرفته از زیچ شاه، رساله‌ای فارسی از سده‌ی نخست پیش از هجرت که باقی نمانده، و اثر دیگری از برهماگوپتا به نام خند‌خادیکه (کندکاتک) است. زیچ سندهند خوارزمی دو صورت داشت: صورت بزرگتر شامل توضیح روش‌های به کار رفته، و صورت کوچکتر تنها شامل جدول‌ها و دستورهایی برای کاربردشان. صورت کوچکتر در سده‌ی سوم هجری در اسپانیا شناخته شده بود و ابوالقاسم مسلمة بن احمد قرظی مجریطی، ریاضی‌دان و منجمی که در سده‌ی چهارم هجری در قرطبه فعال بود، تحریری از آن نگاشت.^۳

۱. الجمع والتفریق بحساب الهند. بنگرید به «نسخه‌ی نویافته‌ی ترجمه‌ی لاتینی رساله‌ی حساب خوارزمی»، منسو فولکرتس، ترجمه‌ی جمیل بصام، تاریخ علم، ش ۹، ۱۳۸۹، ص ۱۳۲-۱۶۳.

۲. این اثر را حسین خدیوچم به فارسی برگردانده که در سال ۱۳۴۸ در تهران به وسیله‌ی انتشارات خوارزمی منتشر شده است.

۳. می‌دانیم که مجریطی رساله‌ای به نام معاملات درباره‌ی حساب بازگانی نوشت و نخستین منجم اندلسی بود که رصد‌های مستقلی انجام داد. شاگردانش از جمله ابن صفار، ابن سمح، عمر بن عبدالرحمان کرمانی و ابن برغوث در سراسر اسپانیا ریاضی‌دانان و منجمان برجسته‌ای بودند. برای اطلاع بیشتر بنگرید به مقاله «مجریطی» در زندگینامه‌ی علمی دانشمندان اسلامی، جلد ۲، تهران، انتشارات علمی و فرهنگی، ۱۳۹۵، ص ۲۶۶-۲۶۸.

به نوشته قاضی صاعد اندلسی، مورخ و منجم سده پنجم هجری، مجریطی جدول‌های مربوط به سیارات در زیج خوارزمی را از تقویم ایرانی به تقویم عربی برگرداند و برخی جدول‌ها را برای طول جغرافیایی قرطبه تغییر داد. از تحریر مجریطی تنها ترجمه لاتینی آن که آدلارد باثی در سده ۱۲ میلادی (۶هـ) فراهم کرد موجود است، که منبع اصلی پژوهش درباره زیج خوارزمی است.

منابع مطالعه زیج خوارزمی

- ۱- ترجمه لاتینی آدلارد باثی از تحریر صورت کوچکتر زیج خوارزمی توسط مجریطی. از این ترجمه ۹ نسخه خطی موجود است که برخی ناقصند.^۱ هاینریش سوتر بر اساس چهار نسخه تصحیح و شرح آن را در سال ۱۹۱۴م منتشر کرد. اتونویگه باوئر در سال ۱۹۶۲م ترجمه لاتینی را به انگلیسی برگرداند و شرح تازه‌ای حاوی توضیحات جدید در مورد ساختار ریاضی و منشأ جدول‌ها عرضه کرد. در سال ۱۹۹۲ اولاف پدرسن ثابت کرد که مجموعه‌ای از جدول‌های موجود در یک نسخه خطی لاتینی در کالج مرتون آکسفورد (به شماره ۲۵۹) به جدول‌های زیج اصلی خوارزمی نزدیک است.
- ۲- شرح ابن مثنی بر صورت بزرگتر زیج خوارزمی. اصل عربی این اثر که در سده چهارم هجری تألیف شد، در دست نیست. چهار نسخه خطی از ترجمه لاتینی این شرح توسط هوگوسانکتالانسیس^۲ موجود است.^۳ دو ترجمه عبری آن هم که یکی توسط ابن عزرا انجام شده در دو نسخه باقی است. میلاس وندرل^۴ در سال ۱۹۶۳م تصحیح و ترجمه لاتینی این شرح را منتشر کرد و تصحیح و ترجمه ترجمه‌های لاتینی را گلدشتاین^۵ در سال ۱۹۶۷ عرضه کرد.
- ۳- شرح ابن مسرور بر زیج خوارزمی. این شرح با عنوان کتاب علل الزیجات در سده چهارم هجری فراهم شد و دستنوشته آن در قاهره (تیمور ریاضه ۹۹) هست که تاکنون منتشر نشده است. کندی و عکاشه در پژوهش روی جدول‌های عرض سیارات در زیج خوارزمی (۱۹۶۹)، و کینگ در پژوهش راجع به جدول‌های رؤیت هلال از این نسخه بهره گرفتند.
- ۴- جدول‌های طلیطله. جدول‌های طلیطله را ابراهیم بن یحیی زرقالی منجم اندلسی در سده پنجم هجری تألیف کرد. اصل عربی آن به جا نمانده، ولی ترجمه‌های لاتینی از جدول‌ها و توضیحاتش در بیش از صد نسخه خطی در نقاط مختلف جهان موجود است. این

۱. مشخصات این نسخه‌ها در اصل مقاله آمده است که در اینجا حذف شد.

۳. برای مشخصات بنگرید به اصل مقاله.

2. Hugo Sanctallensis

4. Millás Vendrel

5. Goldstein

نسخه‌ها حاوی جدول‌هایی از زیج اصلی خوارزمی‌اند که برخی از آنها در تحریر مجریطی نیست. ارنست زینر (۱۹۳۵م) و میلاس والیکروزا (۱۹۴۳-۱۹۵۰م) این جدول‌ها را توصیف کردند و تومر (۱۹۶۸م) آنها را مفصلاً تحلیل کرد. ف. س. پدرس (۱۹۸۷م) متن توضیحات دسته‌ای از نسخه‌ها را منتشر کرد و مشغول تصحیح کامل جدول‌هاست.

شرح فرغانی بر زیج خوارزمی که بیرونی و ابن مثنی از آن نام برده‌اند به جا نمانده است. برخی از جدول‌های تنها نسخه موجود از زیج صابی بتانی (نسخه عربی شماره ۹۰۸ کتابخانه اسکوریال مادرید) صریحاً به مسلمة مجریطی نسبت داده شده است و به کمک آنها می‌توان افزوده‌هایی را در ترجمه لاتینی زیج خوارزمی مشخص کرد.

اطلاعات ارزشمندی درباره انتقال دانش نجومی هندی و ایرانی به بغداد در سده دوم هجری، در کتاب علل الزیجات علی بن سلیمان هاشمی آمده است. این اطلاعات را دیوید پینگری در یک کتاب (۱۹۶۸م) و دو مقاله (۱۹۶۸ و ۱۹۷۰م) کشف و بررسی کرده است. مقاله‌های زیادی درباره جدول‌های خاصی از این زیج منتشر شده است (← ادامه مقاله).

مروری بر نتایج پیش‌یافته درباره جدول‌های نجومی خوارزمی

در اینجا خلاصه مهم‌ترین نتایج پیش‌یافته درباره ساختار ریاضی و منشأ جدول‌ها در تحریر مجریطی از زیج سندهند خوارزمی را می‌آوریم. در این کار عمدتاً از ویرایش سوتر (۱۹۱۴م)، ترجمه و شرح نویگه باوئر (۱۹۶۲م) و تصحیح گلداشتاین از شرح ابن مثنی (۱۹۶۷) بهره گرفته‌ایم. جدول‌های ۵۷ب (ضرب کسره‌های شصتگانی اصابع) و ۱۱۶ («بیوت، احکام و وجوه») (طبق شماره‌بندی سوتر برای جدول‌ها) را نیاورده‌ایم، زیرا بر اساس محاسبه ریاضی نیستند. جدول‌های خوارزمی برای زمان‌سنجی، قبله و ساخت ساعت آفتابی و اسطرلاب را که جزو زیج او نیستند، دیوید کینگ طی مقاله‌ای در سال ۱۹۸۳ توصیف کرده است (← اصل مقاله).

جدول‌های گاهشماری

مجریطی در تحریر خود از زیج خوارزمی اصلاحاتی در جدول‌های مربوط به مدخل^۱ سال‌ها و هفته‌ها اعمال کرده است. ضمناً گرچه مبدأ و سال آغاز تقویم بیزانسی (اول اکتبر) را حفظ کرد، روز کیبسه را از پایان فوریه به پایان دسامبر برد.

۱. این‌که روز آغاز سال یا ماه کلام روز هفته است.

حرکات میانگین (اوساط)

جدول‌های اصلی حرکات میانگین در زیچ خوارزمی برای سال ایرانی و مبدأ یزدگردی محاسبه شده بود. این جدول‌ها بر پایه نظریه هندی حرکات میانگین بود که طبق آن در زمان آفرینش جهان، همه سیارات و اوج‌ها و گره‌هایشان در 0° برج حمل بودند. احتمالاً مقادیر اصلی خوارزمی برای حرکات میانگین با دقت سه رقم شصتگانی و برای نصف‌النهار اُجین در هند مرکزی بود. به گفته قاضی صاعد اندلسی، مجریطی جدول‌های حرکت میانگین را برای تقویم عربی تنظیم کرد. جدول‌های حرکت میانگین موجود در ترجمه لاتینی زیچ خوارزمی بر پایه تقویم عربی و برای نصف‌النهار اُجین تنظیم شده‌اند. می‌توان نشان داد که اغلب جدول‌ها مطابق دوره‌های زمانی هندی به کار رفته در آثار برهماگوپتا هستند.

تعدیل خورشید

ابن مثنی اطلاعات چندانی درباره جدول تعدیل خورشید در زیچ اصلی خوارزمی نمی‌دهد. اما بی‌شک جدول موجود در تحریر مجریطی از خود خوارزمی است. این جدول طبق روشی به نام «روش میل‌ها» که بیرونی توصیف کرده محاسبه شده‌اند، ولی منجمان هندی «روش سینوس‌ها» را به کار می‌بستند.^۱ چون ابن قفطی [مؤلف تاریخ الحکما] می‌گوید که خوارزمی تعدیل‌های سیارات را از ایرانیان گرفته است، روش میل‌ها باید برگرفته از زیچ شاه باشد. مقداری که مجریطی برای بیشترین تعدیل می‌دهد، یعنی $2^\circ 14'$ ، هم در خندخادیکه و هم در زیچ شاه به کار رفته است. مقداری که او برای طول دایره البروجی اوج خورشید می‌دهد، یعنی $77^\circ 55'$ ، مطابق با جدول‌های حرکت میانگین برهماگوپتا است. نویگه باوئر هم همین مقادیر را برای خروج از مرکز و طول اوج به عنوان مقادیر مشخصه به کار رفته در جدول کوچک مواضع میانگین خورشید هنگام ورود به هر برج یافت. بر خلاف گفته ابن مثنی، جدول تعدیل خورشید در تحریر مجریطی از طریق درونیابی خطی بین مقادیر متناظر با مضارب $3\frac{3}{4}$ محاسبه نشده است.

تعدیل ماه

در تحریر مجریطی تنها یک تعدیل برای ماه در جدول آمده است. این جدول هم مانند جدول تعدیل خورشید طبق «روش میل‌ها» محاسبه شده است و همان مقدار بیشینه مذکور در خندخادیکه (مبتنی بر روش سینوس‌ها) و زیچ شاه (یعنی $4^\circ 56'$) را دارد. نشانه‌ای از درونیابی

۱. تعدیل q به روش میل‌ها از فرمول $q(x) = q_{\max} \cdot \frac{\delta_x}{\varepsilon}$ به دست می‌آید که در آن q_{\max} بیشینه مقدار تعدیل، δ_x میل خورشید و ε میل دایره البروج است. در روش سینوس‌ها تعدیل از فرمول $q = q_{\max} \cdot \sin x$ به دست می‌آید.

خطی در اینجا وجود ندارد. این تعدیل احتمالاً ریشه در نجوم ایرانی دارد.^۱

میل خورشید

زیج اصلی خوارزمی دو جدول برای تعدیل خورشید داشته است. در یکی از این جدول‌ها خوارزمی از بطلمیوس پیروی کرده، ولی به جای مقدار $23^{\circ}51'20''$ برای میل دایرة البروج که هم در مجسطی و هم در جدول‌های دستی به کار رفته، مقدار $23^{\circ}51'0''$ را جایگزین کرده است. در جدول دیگر از سنت نجوم هندی استفاده کرده و مقادیر تفاضل بین میل و «میل وارون»^۲ را برای مضارب 15° بر اساس مقدار 24° برای میل دایرة البروج آورده است. تحریر مجریطی تنها شامل جدول بطلمیوسی است؛ اما جدول‌های طلیطله شامل جدول بطلمیوسی و همچنین مقادیر هندی (به عنوان بخشی از متن توضیحی) است.

عرض ماه

جدول عرض ماه در تحریر مجریطی طبق «روش سینوس‌ها» محاسبه شده است و بیشترین مقدارش $4^{\circ}30'$ است. این‌ها با آنچه در شرح‌های ابن مثنی و ابن مسرور آمده همخوان است. همین مقدار بیشینه عرض ماه را در منابع هندی چون خندخادیکه و، به گفته ابن یونس، در زیج شاه، می‌توان یافت.

تعدیل سیارات

محاسبه طول دایرة البروجی سیارات توسط خوارزمی طبق توصیف ابن مثنی بر پایه روش‌های هندی است که نوپگه باوئر (۱۹۵۶) به طور کامل تشریح کرده است. جدول‌ها و دستور کارهای موجود در تحریر مجریطی با این روش‌ها مطابقت دارد. بیشترین مقادیر تعدیل به خوبی با آنچه ابن هبنتا و بیرونی از زیج شاه نقل کرده‌اند همخوان است. تعدیل‌های مرکز^۳ طبق «روش سینوس‌ها» با استفاده از درونیایی خطی در بازه‌های 15° محاسبه شده است.

ایستگاه‌های سیارات

دستورهای خوارزمی برای تعیین عرض سیارات که در شرح‌های ابن مسرور و ابن مثنی و تحریر مجریطی آمده است، منشأ هندی دارد. بیشینه عرض‌های مذکور در این شرح‌ها همان مقادیر مذکور در جدول‌های مجریطی و مطابق با مقادیر نظیرشان در منابع هندی چون سوریاسدهانتا و

۱. این در حالی است که برهماگوپتا تعدیل دومی هم برای حرکت میانگین ماه به کار می‌برد که از تعدیل خورشید گرفته شده است.
۲. میل وارون یا میل ثانی، طول کمان بین دایرة البروج و استوای آسمانی است که در نقطه مفروض بر دایرة البروج عمود است (نه بر استوای آسمانی).
۳. مرکز در اینجا یعنی کمان طول دایرة البروجی منهای طول اوج، م



خندخادیکه است. جدول‌های عرض دوم به روش سینوس‌ها و با دقت ثانیه محاسبه شده‌اند. جدول‌های عرض اول با دستوره‌های هندی همخوانی کامل ندارند. به نظر تومر (۱۹۶۴) این ناشی از اشتباه مجریطی است که شعاع دایره مینا را به جای ۱۵۰، به خطا ۶۰ گرفته است (← بخش سینوس‌ها در ادامه مقاله). اما کندی و عکاشه نشان داده‌اند که این جدول‌ها با توضیح نادرست دستوره‌های هندی در شرح‌های ابن مسرور و ابن مثنی همخوان هستند. طول‌های ثابت گره‌های سیارات که در سطر عنوان جدول‌ها آمده، با محاسبات مبتنی بر خندخادیکه مطابقت دارند. جدول‌های عرض سیارات در تحریر مجریطی، در جدول‌های طلیطله هم یافت می‌شود.

رؤیت ماه

از شرح‌های ابن مثنی و ابن مسرور نمی‌توان مطمئن بود که زیچ اصلی خوارزمی جدولی برای رؤیت هلال ماه داشته است. اما در چند منبع جدولی منسوب به خوارزمی وجود دارد. می‌توان نشان داد که این جدول بر اساس معیار هندی رؤیت هلال با میل دایره البروج $23^{\circ}51'$ و برای عرض جغرافیایی 33° است. جدول متفاوت موجود در تحریر مجریطی را کندی و جانجانیان (۱۹۶۵) و کینگ (۱۹۸۷) مطالعه کرده‌اند. تحلیل منسجم هوخندایک (۱۹۸۸) منجر به این نتیجه شد که این جدول بر پایه معیار هندی رؤیت هلال به ازای میل دایره البروج $23^{\circ}35'$ برای عرض $41^{\circ}35'$ یا به ازای میل $23^{\circ}51'$ و برای عرض $41^{\circ}10'$ است.

سینوس‌ها

زیچ اصلی خوارزمی حاوی مقادیر سینوس و سینوس وارون برای «کردجات» (جمع «کردجه»، یعنی مضرب‌های ۱۵) درجه بود که برای دایره مبنایی به شعاع ۱۵۰ محاسبه شده بود. این مقادیر از منابع هندی (مثلاً خندخادیکه) گرفته شده است و در متن توضیحی جدول‌های طلیطله هم آمده است. چنان‌که در شرح ابن مثنی آمده است، مقادیر میانی برای هر درجه صحیح باید با درونیابی پر می‌شد. یک راه محتمل برای انجام این کار توسط خوارزمی را هوخندایک (۱۹۹۱) یافته است. او کشف کرد که جدول تابعی به نام «جیب ساعات» که به دنبال رساله اسطرلاب خوارزمی در نسخه خطی موجود در برلین هست، بر پایه مقادیر هندی سینوس برای «کردجات» و نوع خاصی از درونیابی خطی است.

جدول سینوس در تحریر مجریطی بر پایه شعاع ۶۰ و بنابراین افزوده بعدی است. بیورنبو (۱۹۰۹، ص ۱۲-۱۳) دریافت که این جدول با نصف کردن مقادیر وتری که بطلمیوس آورده و حذف آنچه پس از رقم کسری شصتگانی دوم حاصل می‌شود به دست می‌آید.^۱

۱. به گمان من جدول سینوس تحریر مجریطی از زیچ سندهند با جدول سینوسی که برای شعاع ۶۰ در جدول‌های طلیطله آمده متفاوت

مطالع استوایی^۱

زیج اصلی خوارزمی شامل جدولی برای مطالع استوایی هر درجه از دایرة البروج با شروع از جدی و به این ترتیب به پیروی از جدول‌های دستی بطلمیوس بوده است. جدول موجود در تحریر مجریطی هم از جدی آغاز می‌شود و مانند جدول میل بر پایه مقدار $23^{\circ}51'0''$ برای میل کلی است. بنابراین به احتمال زیاد جدول اصلی خوارزمی همین بوده است.

مطالع بلد

زیج اصلی خوارزمی و تحریر مجریطی هیچ‌یک شامل جدول مطالع بلد نیستند. به جای آن، در شرح ابن مثنی و تحریر مجریطی توضیحی هست برای طرز محاسبه زمان‌های طلوع با استفاده از جدول مطالع استوایی، یک جدول طول سایه برای شاخصی به طول $G=12$ ، جدولی برای «کاهش‌های زمان طلوع برای تمام زمین» که مقادیر $R \cdot \tan \frac{\delta}{G}$ را (که در آن شعاع دایرة مبنا و δ میل خورشید است) می‌دهد، و درونیایی وارون در جدولی برای شعاع R . این دستورها منشأ هندی دارند و در جدول‌های طلیطله هم آمده‌اند. از این جدول‌ها، تحریر مجریطی، جدول مطالع استوایی (برای مقدار میل کلی $23^{\circ}51'0''$ که به خوارزمی برمی‌گردد)، جدول طول سایه (برای $G=12$) و جدول سینوس‌ها (برای $R=60$ به جای $R=15$ که خوارزمی به کار می‌برد) را شامل است. در جدول‌های طلیطله جدولی برای $R \cdot \tan \frac{\delta}{G}$ هست که بر پایه $R=150$ ، $G=12$ و میل $23^{\circ}51'0''$ محاسبه شده است. در شرح ابن مثنی سه مقدار از جدول خوارزمی برای $R \cdot \tan \frac{\delta}{G}$ ذکر شده است. چون جدول موجود در جدول‌های طلیطله هم (گذشته از چند خطای کاتب) همان مقادیر را دارد، احتمالاً همین جدول زیج اصلی خوارزمی بوده است.

طول سایه

از شرح ابن مثنی روشن می‌شود که محاسبه طول سایه‌ای که شاخص می‌اندازد به تفصیل در زیج اصلی خوارزمی بیان شده است. اما ذکری از جدول این تابع وجود ندارد. ابن مثنی می‌گوید خوارزمی طول شاخص را ۱۲ واحد اختیار کرد که مطابق با جدول ظل مستوی (کتابخانه) در تحریر مجریطی است. چون بسیاری از زیج‌های دوره اسلامی شامل جدول ظل مستوی برای شاخصی به طول ۱۲ هستند، این جدول احتمالاً افزوده بعدی است. به نظر من، مقادیر ظل مستوی

→ است. تفاوت‌های بین دو جدول که نمی‌توان آن‌ها را خطای کاتب دانست آن قدر زیاد است که می‌توان تصور کرد که این دو جدول مستقلاً محاسبه شده‌اند.

۱. برای اطلاع بیشتر از مفهوم این اصطلاح و موارد دیگر بنگرید به: پژوهشی در زیج‌های دوره اسلامی، ادوارد استوارت کندی، ترجمه محمد باقری، تهران، شرکت انتشارات علمی و فرهنگی، ۱۳۷۴، ص ۹۱-۶۹ و ۱۰۳-۱۱۶.

در تحریر مجریطی مستقل از مقادیر موجود در زیچ بتانی و جدول‌های طلیطله محاسبه شده‌اند. سرعت حرکت حقیقی خورشید و ماه سوتر (ص ۹۰) نشان داده است که جدول مجریطی برای سرعت حرکت حقیقی خورشید و ماه و شعاع ظاهری خورشید، ماه و سایه مطابق دستورهای موجود در خندخادیکه و شرح ابن مثنی است.

تعدیل زمان

در شرح ابن مثنی به تعدیل اشاره‌ای نشده است. هاشمی در علل الزیجات توصیفی بطلمیوسی از محاسبه تعدیل زمان آورده و گفته است که همین روش در زیچ شاه و زیچ‌های خوارزمی و ابومعشر به کار رفته است. او مقادیر مشخصه‌ها و دیگر جزئیات روش محاسبه را ذکر نکرده و به وجود جدولی برای تعدیل زمان در زیچ‌های فوق اشاره نکرده است.

تحریر مجریطی از زیچ خوارزمی شامل جدولی برای مقادیر تعدیل زمان است که در آن، مقادیر با دقت ثانیه‌ای زمان به ازای هر درجه از طول خورشید داده شده است. از دستورهای کاربرد این جدول معلوم می‌شود که متغیر مستقل جدول طول حقیقی خورشید است و تعدیل زمان همیشه باید به زمان خورشیدی میانگین افزوده شود تا زمان خورشیدی حقیقی به دست آید. جدول تعدیل زمان در تحریر مجریطی از نوع بطلمیوسی است؛ منجمان هندی تنها تصحیحی مربوط به مؤلفه سرعت حرکت خورشید انجام دادند و در نتیجه به جای تابعی با چهار مقدار بیشینه یا کمینه موضعی، تابعی سینوسی به دست آوردند.

مقابله‌ها و مقارنه‌های میانگین

جدول‌های مقابله‌ها و مقارنه‌های میانگین در تحریر مجریطی به ازای مقداری برای طول میانگین ماه هلالی (اقترانی) محاسبه شده که به مقدار متناظر آن در نجوم هندی به روایت بیرونی نزدیک است. چون این جدول‌ها بر اساس تقویم عربی و برای طول جغرافیایی قرطبه‌اند، احتمالاً به دست مجریطی اصلاح شده‌اند. تفاوت طول جغرافیایی بین جدول‌های مربوط به مقابله‌ها و مقارنه‌ها و جدول‌های حرکت میانگین^{۶۳} است. این به معنی نخستین مورد لحاظ کردن (تلویحی) «نصف النهار آب» است که به خصوص منجمان و جغرافی‌دانان اندلسی و مغربی (در آفریقا) به کار می‌بردند (کومس ۱۹۹۲-۱۹۹۴، ص ۴۳-۴۴). جدول‌های مربوط به مقابله‌ها و مقابله‌های میانگین در جدول‌های طلیطله بر اساس مقادیر مشخصه‌هایی متفاوت با آنچه در تحریر مجریطی به کار رفته، محاسبه شده است.

ماه‌گرفتنی

تنظیم جدول‌های گرفت‌ها در تحریر مجریطی یکسره بطلمیوسی است. اما نوپگه باوئر دریافت که تنها جدول ماه‌گرفتنی‌ها در اوج می‌تواند بر اساس مقادیر مشخصه‌های بطلمیوسی باشد؛ جدول‌های

مربوط به سه حالت دیگر بر پایه مقدار $4^{\circ}30'$ یعنی بیشینه عرض ماه در نجوم هندی است. جدول‌های ماه‌گرفتگی در تحریر مجریقی همانند جدول‌های نظیر در جدول‌های طلیطله است.

اختلاف منظر

جدول‌های اختلاف منظر و توضیحات مربوط به آن در تحریر مجریقی از زیج اصلی خوارزمی گرفته شده است. کندی نشان داده است که مؤلفه عرض در اینجا مطابقت کامل با نظریه اختلاف منظر سوریا سدهانتا دارد. مؤلفه طول هم شامل عناصر هندی است (به خصوص مقدار 24° برای میل دایره البروج)، اما با استفاده از روشی تکراری که حبش حاسب (بغداد، حدود ۲۱۵ق) توصیف کرده، محاسبه شده است.

خورشیدگرفتگی

بنگرید به بخش ماه‌گرفتگی که پیشتر آمده است.

تسویه بیوت

در شرح ابن مثنی روش محاسبه تسویه بیوت آمده ولی ذکر نشده که جدولی برای این منظور در زیج اصلی خوارزمی موجود بوده است یا نه. جدول موجود در تحریر مجریقی بر اساس نظریه بطلمیوسی است. مقادیر مشخصه‌های به کار رفته $23^{\circ}35'$ برای میل دایره البروج و تقریباً $38^{\circ}43'$ برای عرض جغرافیایی است. بنابراین احتمالاً جدول افزوده خود مجریقی است. همین جدول در جدول‌های طلیطله هم یافت می‌شود.

مطارح شعاعات

جدولی برای مطارح شعاعات از زیج اصلی خوارزمی در اثری از ابن هبنتا درباره احکام نجوم و در جدول‌های طلیطله وجود دارد. این جدول به ازای میل کلی $23^{\circ}51'$ و برای عرض جغرافیایی بغداد (حدود 33°) محاسبه شده است. جدول مطارح شعاعات در تحریر مجریقی مشخصاً برای عرض جغرافیایی $38^{\circ}30'$ یعنی احتمالاً برای قرطبه تنظیم شده است. بنابراین می‌توان گفت که افزوده خود مجریقی است. هوخندایک (۱۹۸۹) ساختار ریاضی هر دوی این جدول‌ها را بررسی کرده و دریافته است که جدول مجریقی بر اساس مقدار خوارزمی برای میل کلی، یعنی $23^{\circ}51'$ ولی به روشی کامل‌تر از روش محاسبه خوارزمی به دست آمده است.



فضل دایر

جدول فضل دایر در تحریر مجریطی بر اساس سال نجومی برابر با $۳۶۵;۱۵,۳۰,۲۲,۳۰$ روز است. این مقدار در منابع هندی مختلفی، مثلاً برهماسپوتاسدهانتا آمده و به گفته ابن مثنی توسط خوارزمی به کار رفته است. توجه کنید که در زیچ شاه مقدار $۳۶۵;۱۵,۳۲,۳۰$ به کار رفته است.

خلاصه

جدول‌های موجود در ترجمه لاتینی تحریر مجریطی از زیچ سندهند خوارزمی را می‌توان بر اساس منشأ آن‌ها به پنج گروه تقسیم کرد:

اول. جدول‌های متعلق به زیچ اصلی خوارزمی

(الف) بر اساس روش‌ها و مقادیر مشخصه‌های هندی:

- ۱- جدول‌های حرکات و مواضع میانگین
- ۲- عرض ماه
- ۳- تعدیل‌های سیارات (ساختار)
- ۴- عرض‌های سیارات
- ۵- حرکت حقیقی خورشید و ماه
- ۶- ماه گرفتگی (مقادیر مشخصه‌ها برای گرفتگی در نقطه اوج)
- ۷- اختلاف منظر
- ۸- خورشیدگرفتگی (مقادیر مشخصه‌ها)
- ۹- فضل دایر

(ب) بر اساس روش‌ها و مقادیر مشخصه‌های ایرانی:

- ۱- تعدیل خورشید
- ۲- تعدیل ماه
- ۳- تعدیل‌های سیارات

(ج) بر اساس روش‌ها و مقادیر مشخصه‌های بطلمیوسی

- ۱- میل خورشید
- ۲- ایستگاه‌های سیارات
- ۳- مطالع استوایی

$$۱. \text{ این نمایش عدد شصتگانی معادل است با } \frac{30}{60^4} + \frac{22}{60^3} + \frac{30}{60^2} + \frac{15}{60} + 365.$$

۴- ماه‌گرفتگی (ترتیب و مقادیر مشخصه‌های مربوط به گرفتگی در حضيض)

۵- خورشیدگرفتگی (ترتیب)

دوم. جدول‌های اصلاح شده توسط مجریطی

۱- جدول‌های گاهشماری

۲- جدول‌های حرکت میانگین (مبدأ)

۳- مقابله‌ها و مقارنه‌های میانگین

سوم. جدول افزوده یا جایگزین شده توسط مجریطی

۱- رؤیت هلال ماه

۲- سینوس‌ها

۳- کتانژانت‌ها

۴- نسویه بیوت

۵- مطارح شعاعات

جدول زیج اصلی خوارزمی برای رؤیت هلال در منابع مختلفی آمده است. مقادیر سینوس در زیج خوارزمی برای کردجات بر اساس دایره مبنایی به شعاع ۱۵۰ در جدول‌های طلیطله وجود دارد. هوخندایک جدول سینوسی برای کمان‌های، ۱، ۲، ۳، ...، ۹۰ درجه بر اساس این مقادیر بازسازی کرده است. جدول مطارح شعاعات زیج اصلی خوارزمی در اثری از ابن هبتنا و در جدول‌های طلیطله حفظ شده است. جدول تعدیل زمان به یکی از گروه‌های اول-ج، دوم یا سوم تعلق دارد.

منابع

- Bjørnbo, Axel Anthon
1909 A1-Chwarizmi's trigonometriske Tavler, in: *Festskrift til H. G. Zeuthen*, Copenhagen (Høst), pp. 1-17.
- Burckhardt, Johann Jakob
1961 Die mittleren Bewegungen der Planeten im Tafelwerk des Khwārizmī, *Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 106, pp. 213-231.
- Comes, Merce
1992-1994 The "Meridian of Water" in the Tables of Geographical Coordinates of al-Andalus and North Africa, *Journal for the History of Arabic Science* 10, pp. 41-52.
- Dalen, Benno van
1993 *Ancient and Mediaeval Astronomical Tables: mathematical structure and parameter values*, doctoral thesis, Utrecht University.
1994 On Ptolemy's Table for the Equation of Time, *Centaurus* 37, pp. 97-153.
- Debarnot, Marie-Thérèse
1987 The Zij of Ḥabash al-Ḥāsib: A Survey of MS Istanbul Yeni Cami 784/2, in: *From Deferent to Equant: A Volume of Studies in the History of*



- Science in the Ancient and Medieval Near East in Honor of E.S. Kennedy*
(David A. King & George A. Saliba, eds.), New York (New York Academy of Sciences), pp. 35-69.
- Delambre, Jean Baptiste Joseph
1819 *Histoire de l'astronomie du moyen âge*, Paris (Courcier). Reprint: New York and London (Johnson Reprint Corporation) 1965.
- El² *The Encyclopaedia of Islam, new edition*, Leiden (Brill) 1960-.
- Goldstein, Bernard R.
1967 *Ibn al-Muthannā's Commentary on the Astronomical Tables of al-Khwārizmī*, New Haven (Yale University Press).
- al-Hāshimī, 'Alī ibn Sulaymān
The Book of the Reasons behind Astronomical Tables (Kitāb 'ilal al-zījāt (facsimile, translation by Fuad I. Haddad and Edward S. Kennedy, commentary by David Pingree and Edward S. Kennedy), New York (Delmar) 1981.
- Hogendijk, Jan P.
1988 Three Islamic Lunar Crescent Visibility Tables, *Journal for the History of Astronomy* 19, pp. 29-44.
1989 The Mathematical Structure of Two Islamic Astrological Tables for "Casting the Rays", *Centaurus* 32, pp. 171-202.
1991 Al-Khwārizmī's Table of the "Sine of the Hours" and the Underlying Sine Table, *Historia Scientiarum* 42, pp. 1-12.
- Kennedy, Edward S.
1956a A Survey of Islamic Astronomical Tables, *Transactions of the American Philosophical Society*, New Series vol. 46-2, pp. 123-177. Second edition: Philadelphia (American Philosophical Society) 1989 (page numbering from 1 to 55).
1956b Parallax Theory in Islamic Astronomy, *Isis* 47, pp. 33-53. Reprinted in *SIES*, pp.164-184.
1964 Al-Khwārizmī on the Jewish Calendar, *Scripta Mathematica* 27, pp. 55-59. Reprinted in *SIES*, pp. 661-665.
1988 Two Medieval Approaches to the Equation of Time, *Centaurus* 31, pp. 1-8.
- Kennedy, Edward S. & Janjanian, Mardiros
1965 The Crescent Visibility Table in al-Khwārizmī's *Zīj*, *Centaurus* 11, pp. 73-78. Reprinted in *SIES*, pp. 151-156.
- Kennedy, Edward S. & Krikorian-Preisler, Haiganoush
1972 The Astrological Doctrine of Projecting the Rays, *al-Abhath* 25, pp. 3-15. Reprinted in *SIES*, pp. 372-384.
- Kennedy, Edward S. & Muruwwa, Ahmad
1958 Bīrūnī on the Solar Equation, *Journal of Near Eastern Studies* 17, pp. 112-121. Reprinted in *SIES*, pp. 603-612.
- Kennedy, Edward S. & Ukashah, Walid
1969 Al-Khwārizmī's Planetary Latitude Tables, *Centaurus* 14, pp. 86-96. Reprinted in *SIES*, pp. 125-135.
- Kennedy, Edward S. & Waerden, Bartel L. van der
1963 The World Year of the Persians, *Journal of the American Oriental Society* 83, pp. 315-327. Reprinted in *SIES*, pp. 338-350.
- King, David A.

- 1983 *al-Khwārizmī and New Trends in Mathematical Astronomy in the Ninth Century*, New York (New York University, Hagop Kevorkian Center for Near Eastern Studies).
- 1986 *A Survey of the Scientific Manuscripts in the Egyptian National Library*, Winona Lake IN (American Research Center in Egypt).
- 1987 Some Early Islamic Tables for Determining Lunar Crescent Visibility, in: *From Deferant to Equant: A Volume of Studies in the History of Science in the Ancient and Medieval Near East in Honor of E.S. Kennedy* (David A. King & George A. Saliba, eds.), New York (New York Academy of Sciences), pp. 185-225. Reprinted in David A. King, *Astronomy in the Service of Islam*, Aldershot GB (Variorum) 1993, chapter II.
- Lesley, Mark
1957 Bīrūnī on Rising Times and Daylight Lengths, *Centaurus* 5, pp. 121-141. Reprinted in *SIES*, pp. 253-273.
- Mercier, Raymond P.
1987 Astronomical Tables in the Twelfth Century, in: *Adelard of Bath. An English Scientist and Arabist of the Early Twelfth Century* (Charles Burnett, ed.), London (Warburg Institute), pp. 87-118.
- Millás Vallicrosa, José Maria
1943-1950 *Estudios sobre Azarquiel*, Madrid/ Barcelona (Instituto "Miguel Asin", Escuelas de Estudios Arabes de Madrid y Granada).
- 1947 "El libro de los fundamentos de las tablas astronómicas" de R. Abraham ibn 'Ezra, Madrid/ Barcelona.
- 1963 La autenticidad del comentario a las tablas astronómicas de al-Jwārizmī por Aḥmad ibn al-Muṭannā', *Isis* 54, pp. 114-119.
- Millás Vendrell, Eduardo
1963 *El comentario de Ibn al-Muṭannā' a las tablas astronómicas de al-Jwārizmī*, Madrid/ Barcelona (Asociación para la Historia de la Ciencia Española).
- Nallino, Carlo Alfonso
1899-1907 *al-Battānī sive Albatēnii opus astronomicum*, 3 vols., Milan. Reprint of vols. 1 and 2: Frankfurt am Main (Minerva) 1969; reprint of vol. 3: Hildesheim (Olms) 1977.
- 1944 Al-Khuwārizmī e il suo rifacimento della Geografia di Tolomeo, *Raccolta di scritti editi e inediti*, vol. 5 (Roma) 1943, pp. 458-532.
- Neugebauer, Otto E.
1956 Transmission of Planetary Theories in Ancient and Medieval Astronomy, *Scripta Mathematica* 22, pp. 165-192.
- 1962 *The Astronomical Tables of al-Khwārizmī. Translation with Commentaries of the Latin Version edited by H. Suter supplemented by Corpus Christi College MS 283*, Copenhagen (Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab).
- 1975 *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, 3 vols., Berlin (Springer).
- Neugebauer, Otto E. & Schmidt, Olaf
1952 Hindu Astronomy at Newminster in 1428, *Annals of Science* 8, pp. 221-228.
- Pedersen, Fritz Saaby
1987 Canones Azarchelis: Some Versions, and a Text, *Cahiers de l'institut du moyen-âge grec et latin* 54, pp. 129-218.
- 1992 Alkharizmi's astronomical Rules: Yet Another Latin Version?, *Cahiers de l'institut du moyen-âge grec et latin* 62, pp. 31-75.



- Pedersen, Olaf
1974 *A Survey of the Almagest*, Odense (Odense University Press).
- Pingree, David
1965 The Persian "Observation" of the Solar Apogee in ca. A.D. 450, *Journal of Near Eastern Studies* 24, pp. 334-336.
1968a *The Thousands of Abū Ma'shar*, London (Warburg Institute).
1968b The Fragments of the Works of Ya'qūb ibn Ṭāriq, *Journal of Near Eastern Studies* 27, pp. 97-125.
1970 The Fragments of the Works of al-Fazārī, *Journal of Near Eastern Studies* 29, pp. 103-123.
- Salam, Hala & Kennedy, Edward S.
1967 Solar and Lunar Tables in Early Islamic Astronomy, *Journal of the American Oriental Society* 87, pp. 492-497. Reprinted in *SIES*, pp. 108-113.
- Samsó, Julio
1992 *Las Ciencias de los Antiguos en al-Andalus*, Madrid (Editorial MAPFRE).
- Sengupta, Prabodh Chandra
1934 *The Khaṇḍakhādyaka. An Astronomical Treatise of Brahmagupta*, Calcutta (University of Calcutta).
- Sezgin, Fuat
1971-1984 *Geschichte des arabischen Schrifttums*, 9 vols, Leiden (Brill).
- SIES E. S. Kennedy, Colleagues and Former Students, *Studies in the Islamic Exact Sciences*, Beirut (American University of Beirut) 1983.
- Suter, Heinrich
1914 *Die astronomischen Tafeln des Muḥammed ibn Mūsā al-Khwārizmī in der Bearbeitung des Maslama ibn Aḥmed al-Madjrīṭi und der lateinischen Übersetzung des Adelard von Bath*, Copenhagen (Kongelige Danske Videnskaberne Selskab).
- Toomer, Gerald J.
1964 Review of: O. Neugebauer, "The Astronomical Tables of al-Khwārizmī", Copenhagen 1962, *Centaurus* 10, pp. 202-212.
1968 A Survey of the Toledan Tables, *Osiris* 15, pp. 5-174.
1973. "al-Khwārizmī, in: *DSB*, vol. 7, pp. 358-365.
- Vernet, Juan
1974 "al-Majrīṭi", in: *DSB*, vol. 9, pp. 39-40.
1976 "al-Zarqālī", in: *DSB*, vol. 14, pp. 592-595.
1978 "al-Khwārizmī", in: *EF*², vol. 4, pp. 1101-1103.
1985 "al-Madjrīṭi", in: *EF*², vol. 5, p. 1105.
- Vernet, Juan & Catalá, M. A.
1965 Las obras matemáticas de Maslama de Madrid, *al-Andalus* 30, pp. 15-45. Reprinted in Juan Vernet, *Estudios sobre historia de la ciencia medieval*, Barcelona - Bellaterra 1979, pp. 241-271.
- Waerden, Bartel L. van der
1960-1962 Ausgleichspunkt, "Methode der Perser" and indische Planetenrechnung, *Archive for History of Exact Sciences* 1, pp. 107-121.
- Zinner, Ernst
1935 Die Tafeln von Toledo, *Osiris* 1, pp. 747-774.