

دورساله در اسطرلاب از ابوریحان بیرونی

بویان رضوانی

پژوهشگر پست‌دکتری در پروژه «آثار عربی و لاتین بطلمیوس»،^۱ آکادمی علوم بایرن، مونیخ، آلمان
prezvani@ptolemaeus.badw.de
(دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۰۸، پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۰۶)

چکیده

در مقاله حاضر به معرفی و بررسی کتاب فی إخراج ما فی قوّة الأسطرلاب إلى الفعل و مقالة فی التطریق إلى استعمال فنون الأسطرلابات از ابوریحان محمد بن احمد بیرونی (۳۶۲- ح ۴۴۲ ق) پرداخته‌ایم. بیرونی در اثر نخست به کاربرد اسطرلاب‌های معیار و در دیگری، که فنی‌تر از رساله اول است و برای مخاطبان با سطح علمی بالاتر نوشته شده، به کاربرد اسطرلاب‌های معیار و ساختار و کاربرد برخی اسطرلاب‌های غیر معیار پرداخته است. هر دو اثر شامل مطالب تاریخی و فنی متعددی هستند که در آثار دیگر با موضوع مشابه نیامده‌اند. در این مقاله پس از اشاره‌ای گذرا به سرگذشت بیرونی، مطالبی در باره تسطیح گنج‌نگاشتی به عنوان اصول طراحی اسطرلاب آورده‌ایم و پس از آن تفاوت ساختاری اسطرلاب‌های معیار و غیر معیار (شامل اسطرلاب‌های مرکب) را، با اشاره به اسطرلاب‌های غیر معیاری که بیرونی در تطریق به آنها پرداخته است، شرح داده‌ایم. در ادامه، ضمن اشاره به مهم‌ترین موضوعاتی که در رساله‌ها آمده است، این دو رساله را به اجمال معرفی کرده‌ایم. در بخش بعدی مقاله، «اسطرلاب هلالی» را بر اساس توضیحات بیرونی در تطریق بازسازی کرده‌ایم. اسطرلاب هلالی یکی از اسطرلاب‌های غیر معیار است که به جز تطریق و کتاب فی عمل الأسطرلاب سجزی (که شامل مطالبی بسیار مختصر در باره ساختار این اسطرلاب است) در هیچ رساله اسطرلاب دیگری به آن پرداخته نشده است. سپس به تشریح مطالبی پرداخته‌ایم که بیرونی در تطریق درباره «اسطرلاب زورقی» آورده است. اسطرلاب زورقی نیز نمونه‌ای دیگر از اسطرلاب‌های غیر معیار است که برخلاف اسطرلاب‌های معیار، تصویر دایرة البروج بر آن ثابت است، و به جای عنکبوت شامل قطعه‌ای به شکل قایق است که نقش افق متحرک را ایفا می‌کند. در ادامه به شواهدی که بیرونی را مؤلف دو رساله مذکور

۴۲۰ / تاریخ علم، دوره ۱۸، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۹

نشان می‌دهند، تاریخ تألیف رساله‌ها، ویژگی‌های متنی و نسخه‌های موجود از آنها پرداخته‌ایم. در پایان مقاله، جایگاه دو رساله مذکور در مقایسه با آثار دیگر بیرونی در اسطرلاب را بررسی کرده‌ایم.

کلیدواژه‌ها: ابوریحان بیرونی، اسطرلاب زورقی، اسطرلاب غیر معیار، اسطرلاب معیار، اسطرلاب هلالی.

مقدمه

در میان دانشمندان دوره اسلامی ابوریحان بیرونی مقامی ویژه دارد. افزون بر وسعت دانشی که وی در زمینه‌های مختلف از جمله ریاضیات، نجوم، کانی‌شناسی و داروشناسی داشته است، اعتبار و دقت آثارش همواره مورد توجه پژوهشگران بوده است. ابوریحان محمد بن احمد بیرونی در سال ۳۶۲ ق در اطراف شهر کاث، یکی از دو شهر مهم خوارزم در جنوب دریاچه آرال (واقع در ازبکستان کنونی)، زاده شد. وی در سال ۳۸۵ ق، به سبب ناآرامی‌های خوارزم، زادگاه خود را ترک کرد و به ری و گیلان گریخت، و پس از سال ۳۹۴ ق به خوارزم بازگشت (بیرونی، تحدید، ۱۱۰؛ زندگی‌نامه علمی دانشمندان، ۱/ ۱۴۸-۱۴۹). او هفت سال در دربار حاکم خوارزم، ابوالعباس مأمون بن مأمون خوارزمشاه بود (بیهقی، ۶۳۹) تا اینکه در سال ۴۰۷ ق، سلطان محمود غزنوی به خوارزم لشکر کشید و بیرونی را با خود به غزنه، واقع در نیمه شرقی افغانستان کنونی، برد. هرچند رابطه بیرونی و سلطان محمود خوب نبود، سلطان محمود در لشکرکشی‌هایش به هند بیرونی را نیز همراه خود برد. در این اثنا، بیرونی فرصت یافت مطالب بسیاری درباره علم، فرهنگ، آداب و رسوم و زبان‌های هندی بیاموزد. پس از مرگ سلطان محمود، بیرونی همچنان در غزنه ماند و در حدود سال ۴۴۲ ق در همانجا درگذشت (زندگی‌نامه علمی دانشمندان، ۲/ ۱۴۷-۱۵۱).

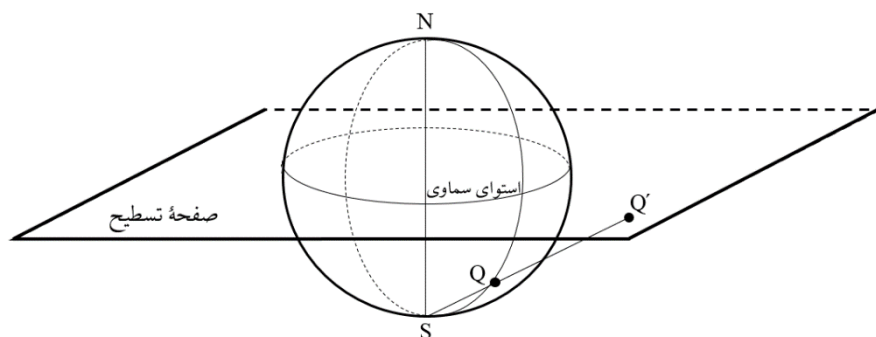
بیرونی بیش از ۱۲۰ رساله و کتاب نوشت، اما فقط ۲۶ اثر از او باقی مانده که از این میان ۲۴ اثر تا سال ۲۰۱۹ م چاپ شده است.^۲ دو رساله باقی مانده با عنوان‌های کتاب فی إخراج ما فی قوه الأسطرلاب إلى الفعل و مقالة فی التطریق إلى استعمال فنون الأسطرلابات برای نخستین بار در سال ۲۰۱۹ م منتشر شدند.^۳ چنان‌که از عناوین مذکور برمی‌آید، موضوع هر دو رساله کاربرد اسطرلاب است. از میان آثار باقی مانده از بیرونی، چند رساله دیگر نیز به اسطرلاب اختصاص دارند که وی در آن‌ها به ساختار اسطرلاب

1. *Dictionary of Scientific Biography (DSB)*.

۲. برای فهرست آثار موجود بیرونی و وضعیت انتشار آن‌ها نک: www.albiruni.nl.

۳. متن عربی تصحیح شده هر دو رساله همراه با ترجمه انگلیسی برخی از فصول رساله اول، ترجمه انگلیسی متن کامل رساله دوم و شرح آن، با مقدمه‌ای مفصل در باره پیشینه اسطرلاب و آثار بیرونی در باره این ابزار در قالب پایان‌نامه دکتری نگارنده مقاله حاضر، زیر نظر یان پ. هوخندایک در دانشگاه اوترخت، هلند، منتشر شده است. نک: رضوانی.

پردازده است. اسطرلاب یک ابزار نجومی کهن قابل حمل است که تصویری دوبعدی از کره آسمان به دست می‌دهد و با آن می‌توان موقعیت اجرام آسمانی را تقریباً بدون انجام محاسبات پیچیده مشخص کرد. اصول طراحی اسطرلاب بر اساس «تسطیح گنج‌نگاشتی»^۱ است که در آن هر نقطه روی کره سماوی (مانند Q) بر یک نقطه بر صفحه‌ای موازی با استوای سماوی (مانند Q') تصویر می‌شود. قطب تسطیح در «تسطیح شمالی» منطبق بر قطب جنوب سماوی (S)، و در «تسطیح جنوبی» منطبق بر قطب شمال سماوی (N) است (شکل ۱).



شکل ۱. تسطیح گنج‌نگاشتی شمالی نقطه Q بر صفحه‌ای منطبق بر استوای سماوی

اسطرلاب شامل یک صفحه ثابت با نام «صفیحه»، و یک صفحه متحرک با نام «عنکبوت» است که می‌تواند روی صفیحه حرکت کند. هر صفیحه متناسب با یک عرض جغرافیایی معین ساخته می‌شود و بنا بر این برای استفاده از اسطرلاب در هر عرض جغرافیایی باید صفیحه متناسب با آن عرض جغرافیایی را روی اسطرلاب قرار داد. صفیحه شامل دو دسته منحنی اصلی برای نشان دادن مختصات آسمانی و نیز خطوطی برای تعیین ساعت است. دسته اول از منحنی‌های مذکور تصویر گنج‌نگاشتی دایره‌های موازی با افق در عرض جغرافیایی متناسب با صفیحه است که «مُقنطرات» نام دارند، و دسته دوم شامل تصویر گنج‌نگاشتی دایره‌های «سمت» است که هر یک از آنها نقطه سمت الرأس را به نقطه‌ای از افق وصل می‌کند. در اسطرلاب‌های معیار،^۲

1. Stereographic projection

۲. در متن حاضر «اسطرلاب معیار» ترجمه standard astrolabe و «اسطرلاب غیر معیار» ترجمه non-standard astrolabe است.

دو رساله در اسطرلاب از ابوریحان بیرونی / ۴۲۳

معمولاً فقط مقنطرات بالای افق رسم می‌شوند، و خطوط ساعات زیر افق رسم می‌شوند. «عنکبوت» شامل تصویر مسیر حرکت ظاهری خورشید در طول سال (دایرة البروج)، و نیز نشانه‌هایی برای تعیین موقعیت برخی ستاره‌های معروف در آسمان است. در اسطرلاب معیار، چرخش عنکبوت بر صفيحه در جهت ساعت‌گرد گردش ظاهری روزانه کره آسمان حول زمین را شبیه‌سازی می‌کند (شکل ۲؛ نک: پینس، ۳۰۱-۳۰۶؛ برای اطلاعات بیشتر در باره ساختار اسطرلاب نک: نورت، ۹۶-۱۰۶).



شکل ۲. صفيحه (راست) و عنکبوت (چپ) اسطرلاب معيار (ساخت عبدالأمنه، قرن ۱۲ق، اصفهان)؛ www.adlerplanetarium.org/collections/

اسطرلاب احتمالاً در قرن چهارم میلادی در یونان اختراع شد (کینگ، ۲۰۰۴-۲۰۰۵، ۳۶۴/۲). در سده‌های بعد، استفاده از این ابزار به مناطق مختلف تمدن اسلامی، از جمله ایران، و دیگر نواحی شرق مدیترانه گسترش یافت. آثار بسیاری که در سده‌های میانه درباره ساخت و کاربرد اسطرلاب نوشته شدند کاربرد گسترده اسطرلاب در آن دوره را نشان می‌دهند. علاوه بر «اسطرلاب معیار» (که تصویر دایرة البروج بر عنکبوت آن یک دایرة کامل و قابل حرکت است)، برخی «اسطرلاب‌های غیر معیار» نیز به وسیله منجمان مسلمان در قرون چهارم و پنجم هجری طراحی و بر اساس شکل

-
1. Pines
 2. North
 3. King

عنکبوتشان نامگذاری شدند.^۱ عنکبوت هر یک از این اسطرلاب‌ها شبیه حیوان، گیاه یا اشیائی است که به ذهن سازنده آن اسطرلاب‌ها خطور کرده و آن اسطرلاب بر اساس همین شباهت نام‌گذاری شده است (مثلاً اسطرلاب مُطَبَّل (طبل مانند)، مُسْرَطَن (خرچنگ مانند)، مُعْقَرَب (عقرب مانند)، و زورقی (قایق مانند)). برخی از اسطرلاب‌های غیر معیار را «اسطرلاب‌های مرکب» تشکیل می‌دهند. علت «مرکب» نامیده شدن این اسطرلاب‌ها این است که برخلاف اسطرلاب‌های معیار، که عنکبوت آن‌ها بر اساس یکی از دو نوع تسطیح گنج‌نگاشتی طراحی می‌شوند، عنکبوت اسطرلاب‌های مرکب بر اساس ترکیبی از تسطیح گنج‌نگاشتی شمالی و جنوبی است. مقنطرات این اسطرلاب‌ها نیز متناسب با عنکبوت آن‌ها، به صورت ترکیبی از مقنطرات شمالی و جنوبی، رسم می‌شوند.

معرفی اجمالی رساله‌ها

کتاب فی إخراج ما فی قوة الأسطرلاب إلى الفعل

بیرونی در این رساله، که از این پس با نام إخراج به آن اشاره خواهیم کرد، به کاربرد اسطرلاب‌های معیار پرداخته است. او این رساله، شامل مقدمه‌ای کوتاه و ۶۹ فصل، را به کسی تقدیم نکرده است. بیرونی در مقدمه إخراج، پس از اشاره به اهمیت اسطرلاب در بین ابزارهای نجومی، انگیزه خود برای نگارش این اثر را درخواست یکی از دوستانش از او برای نوشتن رساله‌ای پیراسته از توضیحات غیرضروری یا غیرمرتبط موجود در رساله‌های پیشینان او در باره اسطرلاب، که موجب طولانی شدن رساله‌های قبلی شده، در عین توضیح همه کاربردهای اسطرلاب بیان کرده است (بیرونی، إخراج، ۹۴). بیرونی در مقاله اول ساختار اسطرلاب و بخش‌های مختلف آن را توضیح داده است. وی در این رساله بیشتر بر جنبه‌های کاربردی اسطرلاب تمرکز کرده، هرچند در برخی موارد علاقه خود به جنبه‌های محاسباتی را نیز نشان داده است؛ مثلاً در فصل ۲۸ به مناطقی با طول جغرافیایی شرقی‌تر از هند (همو، إخراج، ۱۱۶)، و در فصل ۶۱ به عرض‌های جغرافیایی نیم‌کره جنوبی زمین اشاره کرده است (همو، إخراج، ۱۳۷).

۱. با وجود اشاره به ساختار این اسطرلاب‌ها در آثار مختلف دوره اسلامی، به جز موارد بسیار اندکی که در ادامه به آنها اشاره خواهیم کرد، نمونه‌ای از آنها برجای نمانده و اشاره صریحی بر ساخت آنها نشده است. بنا بر این نمی‌توان از ساخته شدن آنها مطمئن بود.

مقاله في التطريق إلى استعمال فنون الأسطرلابات

بیرونی این رساله را، که از این پس با نام تطریق به آن اشاره خواهیم کرد، به شخصی با لقب «شیخ» تقدیم کرده است (همو، تطریق، ۱). این شخص احتمالاً «عمرو بن حسن خوارزمی» است که بیرونی او را در مقدمه تطریق با لقب «شیخ» به عنوان مخترع اسطرلاب مُعَرَّب (عقرب‌مانند) معرفی کرده است (همو، تطریق، ۶). متأسفانه اطلاعی در باره زندگی عمرو بن حسن خوارزمی یافت نشد. بیرونی این رساله را به کاربرد اسطرلاب‌های معیار و غیر معیار اختصاص داده و مخاطب آن را آشنا با اصول اسطرلاب معیار فرض کرده است، به همین سبب نیز در تطریق، بر خلاف إخراج، به تعریف همه اصطلاحات مربوط به اسطرلاب نپرداخته است. تطریق شامل یک مقدمه فنی و نسبتاً طولانی، و بیست باب است. هر باب دست کم به حداقل دو و حداکثر هفت فصل تقسیم شده است. بیرونی مقدمه تطریق را با توضیحات مختصری در باره آثار قبلی، به ویژه آثار عبدالرحمن صوفی، در باره اسطرلاب، اشاره به پیشینه کاربرد این ابزار در یونان، و تسطیح گنج‌نگاشتی به عنوان اصول اسطرلاب آغاز کرده است. او این مطالب را با مقایسه تسطیح شمالی و جنوبی ادامه داده و بخش‌های بعدی مقدمه را به توضیح ساختار اسطرلاب‌های غیر معیار شامل اسطرلاب‌های آسی ([برگ] موردمانند)^۱، مُطَبَّل (طبل‌مانند)، مُسْرَطَن (خرچنگ‌مانند)، مُعَرَّب (عقرب‌مانند)، شقائقی، هلالی، زورقی، و ساختار صفيحة آفاقیه (صفيحة‌ای شامل مقنطرات چندین عرض جغرافیایی که در اسطرلاب معیار به کار می‌رفته) پرداخته است. از این میان، اسطرلاب‌های آسی، مُطَبَّل، مسرطن، معرب و شقائقی «اسطرلاب مرکب» محسوب می‌شوند. متأسفانه بیرونی به منابع خود برای توصیف اسطرلاب‌های مذکور اشاره‌ای نکرده است و معلوم نیست که آیا نمونه ساخته‌شده همه این اسطرلاب‌ها را دیده است، یا توصیفاتش براساس توضیحات مکتوب یا شفاهی طراحان این اسطرلاب‌هاست. نکته جالب در توضیحات بیرونی در باره اسطرلاب آسی این است که بنا بر توضیحات وی در استیعاب (۱۱۸-۱۲۰)، صفحه این اسطرلاب به اندازه صفحه اسطرلاب معیار، یعنی تا مدار رأس الجدي در اسطرلاب شمالی، است. اما در تطریق اندازه صفحه اسطرلاب آسی کوچک شده و به دایره استوای سماوی محدود شده است (بیرونی، تطریق، ۴). بدین منظور بیرونی نیمه شمالی کره سماوی را بر اساس تسطیح شمالی، و

۱. «آس» در عربی به معنی «گیاه مورد» است.

نیمه جنوبی آن را بر اساس تسطیح جنوبی تصویر کرده است. تصویر دایرة البروج در مدل دوم، مانند تصویر آن در مدل اول است. تسطیح به کار رفته در مدل دوم به تسطیح هایی که زرقالی (منجم اندلسی قرن پنجم قمری) در صفيحه‌های خاص اسطرلاب‌های خود به کار برده شبیه است (نک: پوژا). این که تنها نمونه برجای مانده از اسطرلابی با عنکبوت آسی در غرب جهان اسلام ساخته شده، احتمالاً اتفاقی نیست. محیط عنکبوت این نمونه از اسطرلاب آسی، مانند آنچه بیرونی در تطریق نوشته، به اندازه استوای سماوی است. این اسطرلاب در تازه^۲ (شهری در مراکش کنونی) در ۱۳۲۷-۱۳۲۸ م ساخته شده است و هم اکنون در موزه تاریخ علم آکسفورد، با شماره ۵۰۸۵۳، نگهداری می‌شود (کالوو،^۳ ۲۲۱-۲۳۳، به‌ویژه ۲۲۳-۲۲۵).

بیرونی در پایان مقدمه تصریح کرده که این رساله را برای کسانی نوشته است که سطح دانش آن‌ها در زمینه اسطرلاب متوسط است (نک: بخش ۹ مقاله) بخش اصلی رساله با توضیحات بیرونی در باره کاربردهای مقدماتی اسطرلاب، همچون چگونگی اندازه گیری ارتفاع خورشید و ستارگان، آغاز و به تدریج وارد مباحث نظری و کاربردهای احکامی اسطرلاب می‌شود. جالب این که بیرونی برخی از این کاربردهای احکامی را با روشی که مورد قبول خود او نبوده، توضیح داده است (بیرونی، تطریق، ۷۶). باید توجه داشت که اسطرلاب‌های غیر معیار، فقط در بعضی از باب‌های تطریق مورد بحث قرار گرفته‌اند، و نه در همه باب‌ها. برخی از روش‌هایی که بیرونی در تطریق شرح داده است، در هیچ رساله اسطرلاب دیگری یافت نشده‌اند. وی تطریق را با توضیحاتی در باره اندازه‌گیری فواصل روی زمین با اسطرلاب، اصلاح موقعیت ستارگان بر روی اسطرلاب‌های کهن به منظور امکان استفاده دوباره از آن‌ها، و محاسبه شعاع زمین به پایان برده است.

علاوه بر مباحث فنی اسطرلاب، بیرونی اطلاعات تاریخی جالبی نیز در تطریق آورده است. از آن جمله، اشاره او به ابزاری شامل ششصد قطعه کوچک چوبی است که احتمالاً نوعی «حُق القمر»^۴ برای نصب بر پشت اسطرلاب مُعَقَّرَب بوده است (رضوانی، ۱۹۳-۱۹۴). وی نام سازنده این ابزار را نیاورده است، اما چنان‌که اشاره کرده این ابزار

1. Puig
2. Taza
3. Calvo

۴. ابزاری برای تعیین اهله ماه.

دو رساله در اسطرلاب از ابوریحان بیرونی / ۴۲۷

به ابوالعبّاس خوارزمشاه تقدیم شده است (بیرونی، تطریق، ۶). همچنین بیرونی در تطریق به مطالبی پرداخته که در رساله‌های دیگر اسطرلاب کمتر به آن‌ها پرداخته شده است. مثلاً وی در فصل چهارم باب نوزدهم تطریق روشی را شرح داده که در آن با اسطرلاب می‌توان جهت حرکت، و دور یا نزدیک شدن گروهی از افراد را که در فاصله دوری از ناظر قرار دارند، مشخص کرد (همو، تطریق، ۸۲).

اسطرلاب هلالی

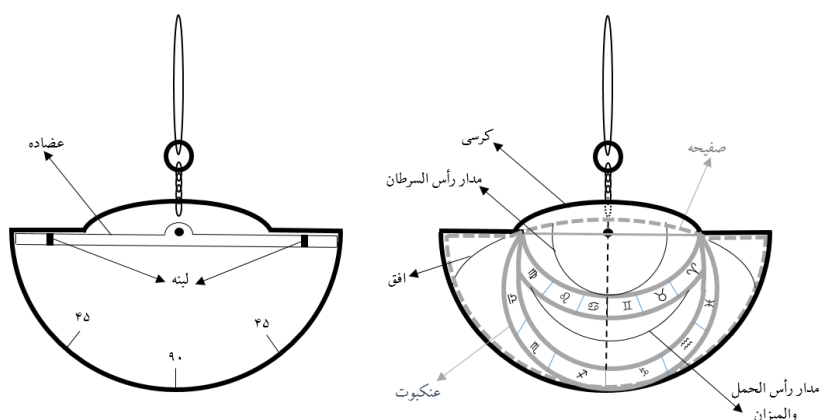
در تنها نسخه‌ای که از تطریق در دسترس است، بخش‌هایی از صفحات برای رسم شکل اسطرلاب‌های مورد بحث خالی گذاشته شده‌اند، اما نهایتاً شکلی در آن‌ها رسم نشده است. در بسیاری از موارد می‌توان شکل اسطرلاب‌ها را در رساله‌های دیگر بیرونی، از جمله استیعاب الوجوه الممكنة فی صنعة الأسطرلاب و کتاب الدرر فی تسطیح الأکر، یافت. تنها استثناء اسطرلاب هلالی است که فقط در تطریق، و پاراگراف کوتاهی در یک رساله منتشر نشده از سجزی با عنوان کتاب فی عمل الأسطرلاب به آن پرداخته شده است.

مطالبی که سجزی در باره اسطرلاب هلالی نوشته بسیار مختصر است و در تنها نسخه خطی موجود از آن (موجود در استانبول، کتابخانه تویقایی، احمد ثالث، ۳۳۴۲) شکلی از این اسطرلاب نیامده است. وی (۱۱۴، و ۱۵۳ظ) اشاره کرده که نمونه‌ای از این اسطرلاب را برای عضد الدولة دیلمی ساخته است. توضیحات بیرونی در باره اسطرلاب هلالی مفصل‌تر است. او در چندین بخش از تطریق (مقدمه، باب‌های نهم، سیزدهم و چهاردهم) به ساختار و چگونگی استفاده از این اسطرلاب پرداخته است.^۱

شکل ۳ ساختار اسطرلاب هلالی را، بر اساس اطلاعاتی که در تطریق و رساله سجزی آمده است، نشان می‌دهد. در این شکل برای پرهیز از پیچیدگی، فقط یک صفحه در نظر گرفته شده است. مری‌های ستارگان و هر دو نیمه دایرة البروج بر اساس تسطیح شمالی بر عنکبوت این اسطرلاب تصویر می‌شده‌اند. چنان‌که در شکل ۳ نشان داده شده است، نیمه اول دایرة البروج، از ابتدای حمل تا پایان سنبله، و ستارگان مربوط به آن‌ها روی خط راستی که از اعتدالین می‌گذرد، وارونه شده است تا در عنکبوت نیم‌دایره‌ای

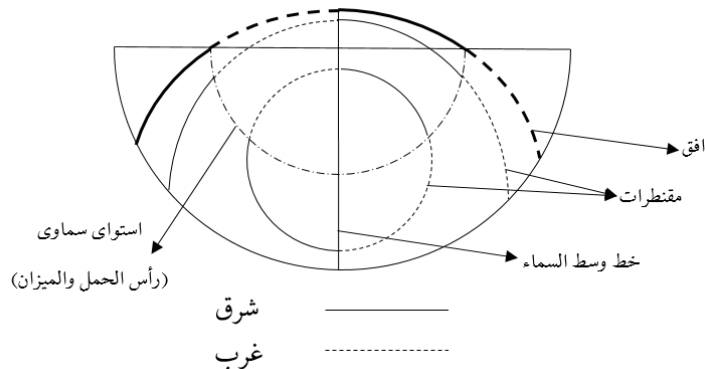
۱. این اسطرلاب نخستین بار در پایان‌نامه دکتری نگارنده مقاله حاضر، بر اساس اطلاعات موجود در تطریق و رساله اسطرلاب سجزی، بازسازی شده است.

این اسطرلاب شکلی هلالی برای دایرة البروج به وجود آید. به عبارت دیگر، در اسطرلاب هلالی، عنکبوت اسطرلاب معیار روی خطّ واصل اعتدالین تا شده است. عضادۀ این اسطرلاب احتمالاً بر پشت آن قرار داشته و، مانند عنکبوت آن، حول مرکز صفحه نیم‌دایره‌ای این اسطرلاب امکان چرخش داشته است.



شکل ۳. رو (راست) و پشت (چپ) اسطرلاب هلالی

شکل ۴ افق و تعدادی از مقنطرات بر صفحه اسطرلاب هلالی را براساس توضیحات بیرونی نشان می‌دهد. چنان‌که وی اشاره کرده است، تصویر دو قسمت از افق که بیرون از استوای سماوی قرار دارند، در اسطرلاب هلالی وارونه است. بخش میانی افق همراه با کمانی از دایرة البروج شامل حمل تا سنبله، و مقنطرات اسطرلاب هلالی به این صورت بازسازی می‌شود: عنکبوت اسطرلاب معیار را به گونه‌ای تنظیم می‌کنیم که درجه طالع منطبق بر اول میزان باشد، و اول سرطان بر نصف‌النهار بالای افق، و درجه غارب بر اول حمل قرار گیرد. سپس کمانی از دایرة البروج را که شامل اول حمل تا اول میزان است، همراه با افق و مقنطرات ۱۸۰ درجه می‌چرخانیم. بنا بر این در اسطرلاب هلالی، نیمۀ چپ بخش میانی افق غربی، و نیمۀ راست آن شرقی است. جهت مقنطراتی که زیر افق و بالای استوای سماوی قرار دارند نیز همین طور است. خطوط ساعت بر اسطرلاب هلالی به همان صورتی بوده‌اند که بر اسطرلاب معیار رسم می‌شوند. ظاهراً خطوط سمت بر اسطرلاب هلالی رسم نمی‌شده‌اند.



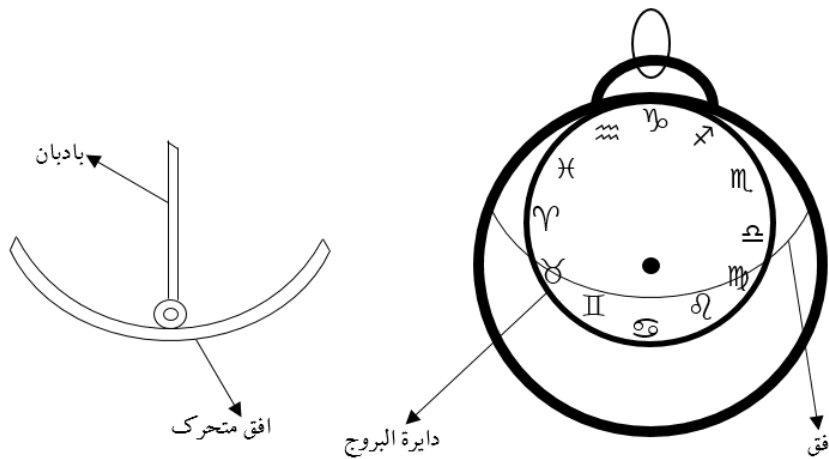
شکل ۴. صفيحة اسطرلاب هلالی

استفاده از این اسطرلاب به دو سبب پیچیده‌تر از اسطرلاب معیار است. اول اینکه در اسطرلاب هلالی، دو نیمه اسطرلاب معیار ترکیب شده است، و دوم این که در این اسطرلاب جهت چرخش عنکبوت به برج مورد نظر بستگی دارد. بنا بر این اسطرلاب هلالی احتمالاً بیشتر به عنوان یک ابزار تزئینی ساخته شده تا یک ابزار کاربردی. هیچ نمونه‌ای از اسطرلاب هلالی موجود نیست.

اسطرلاب زورقی

بیرونی در تطبیق به اسطرلاب زورقی نیز پرداخته است. بر اساس توضیحات بیرونی، اسطرلاب زورقی به دست سجزی، یا در زمان او اختراع شده است. چنان‌که وی در مقدمه تطبیق نوشته است، اول کتابی از ابوسعید سجزی در باره اسطرلاب زورقی و بعد یک نمونه از این اسطرلاب، ساخته جعفر بن محمد بن جریر، را دیده است که چون تاریخ ساخت آن معلوم نبوده، مطمئن نیست کتاب سجزی بر نمونه ساخته شده مقدم است یا برعکس. او همچنین اضافه کرده است که نمی‌داند سجزی طرح ساخت این اسطرلاب را از کس دیگری الهام گرفته یا دیگران از وی. این مطلب با تصریح بیرونی در استیعاب (۱۲۸) بر اینکه نمونه‌ای از این اسطرلاب را دیده که بوسیله سجزی ساخته شده بوده و سجزی را مخترع آن معرفی کرده، متفاوت است. بیرونی همچنین اشاره می‌کند که از نظر وی، سجزی به حقیقت آنچه که اساس طراحی این اسطرلاب است و پیش‌تر بوسیله آریابهته مطرح شده و براساس آن منشأ حرکت شبانه‌روزی گردش زمین است و نه حرکت کره اثير، رهنمون نشده است (بیرونی، تطبیق، ۸). چنان‌که خواهیم دید، بیرونی تطبیق را چندین سال پس از استیعاب (تألیف پیش از ۳۹۰ق) نوشته

است. ^۱ اسطرلاب زورقی بر اساس یک نوع تسطیح گنج‌نگاشتی، معمولاً تسطیح شمالی، ساخته می‌شده است و بنا بر این اسطرلاب مرکب محسوب نمی‌شود. اسطرلاب زورقی شامل یک افق متحرک، به شکل یک قایق، است که خط نصف النهار به صورت بادبان این قایق به آن متصل است و همراه با آن حرکت می‌کند و از نوک بادبان به عنوان مری ^۲ استفاده می‌شود. دایرة البروج و برخی از ستارگان روشن آسمان بر صفيحة اسطرلاب زورقی تصویر شده‌اند و بنا بر این در این اسطرلاب دایرة البروج ثابت است (شکل ۵). هر ستاره به صورت یک دایرة کوچک بر صفيحة اسطرلاب زورقی نشان داده می‌شده است.



شکل ۵: صفيحة (راست) و افق متحرک (چپ) اسطرلاب زورقی

برای شبیه‌سازی حرکت عالم در طول زمان، باید بادبان اسطرلاب زورقی را پادساعت‌گرد، یعنی در جهت کاهش اعداد روی محیط (حجره) اسطرلاب، بچرخانیم، زیرا ترتیب برج‌های ثابت تصویرشده بر اسطرلاب زورقی مانند ترتیب آن‌ها در دایرة

۱. بیرونی در الآثار الباقية عن القرون الخالية (۳۵۷)، که آن را در حدود سال ۳۹۰ ق نوشته است، به استيعاب ارجاع داده است.

۲. «مري» اسطرلاب، که در اسطرلاب معيار به صورت یک برآمدگی نوک‌تیز روی دایرة البروج در نقطه اول جدی تعبیه می‌شده و «مري مطلق» نیز نامیده شده است، برای تعیین درجه‌ای از درجات حجره اسطرلاب که متناظر با وضعیت دایرة البروج است به کار می‌رود و با دو انتهای نوک‌تیز عضاده که «مري عضاده» نامیده شده‌اند متفاوت است.

البروج متحرک اسطرلاب معیار شمالی است. در اسطرلاب معیار، برای شبیه‌سازی حرکت عالم در گذر زمان، باید دایرة البروج را در جهت ساعت‌گرد بچرخانیم.

بیرونی در استیعاب (۱۳۰) اشاره می‌کند که این اسطرلاب یادآور نظریه گردش وضعی زمین است. او اضافه می‌کند که اسطرلاب زورقی برای آن دسته از سازندگان اسطرلاب که از ساختن دایرة البروج و جزئیات آن ناتوانند مناسب است. البته باید به این نکته توجه کنیم که بر صفيحة اسطرلاب زورقی تصویر افق و مقنطرات نیز رسم شده است، یعنی علاوه بر افق متحرک، افق و مقنطرات ثابت هم در این اسطرلاب در نظر گرفته شده‌اند. بنا بر این نمی‌توان آن را کاملاً بر اساس نظریه چرخش زمین دانست. هرچند ساختن اسطرلاب زورقی از ساختن اسطرلاب معیار آسان‌تر است، استفاده از آن پیچیده‌تر است. همین دشواری در کاربرد می‌تواند یکی از علت‌های عدم رواج این نوع اسطرلاب باشد. یک نمونه موجود از اسطرلاب زورقی که در قرن ۱۷م در لاهور ساخته شده است هم اکنون در موزه تاریخ علم آکسفورد،^۱ با شماره ۳۳۷۹۶ نگهداری می‌شود (برای اطلاعات بیشتر در باره این نمونه نک: سارما، ۲۰۱۱-۱۱۱۱).

بیرونی، مؤلف إخراج و تطریق

نخست به إخراج می‌پردازیم. بیرونی إخراج را در فهرست آثار خود، که آن را در ۴۲۷ق نوشته، تحت عنوان في ما أخرج ما في قوة الأسطرلاب إلى الفعل آورده است (بویلو، ۳، ۲۴۳). علاوه بر این، در همه نسخه‌های خطی موجود از إخراج نام بیرونی به عنوان مؤلف این اثر آمده است. بنا بر این إخراج بدون شک نوشته بیرونی است.

عنوان تطریق در فهرست بیرونی از آثارش نیامده است، اما بنا بر نشانه‌های دیگر مؤلف تطریق نیز بیرونی است. در تنها نسخه خطی موجود از تطریق، نام بیرونی به عنوان مؤلف اثر در آغاز نسخه آمده است. در متن اصلی، مؤلف به سه اثر خود که آن‌ها را پیش‌تر نوشته با ذکر عنوان اشاره کرده است. این سه اثر عبارتند از إخراج (بیرونی، تطریق، ۱)، في غروب الشمس عند منارة إسكندرية، و مقالة في استخراج قدر الأرض برصد انحطاط الأفق عن قتل الجبال (همو، تطریق، ۸۳). دو رساله اخیر بر جا نمانده

۱. تصاویر اسطرلاب‌های این موزه بر وبسایت آن، به نشانی زیر، در دسترس و قابل جستجو هستند:

<https://www.mhs.ox.ac.uk/astrolabe/catalogue/>

2. Sarma

3. Boilot

اند، اما بیرونی عناوین آن‌ها را در فهرست آثار خود آورده است (بویلو، ۲۳۴-۲۳۵). علاوه بر این، مشابهت‌هایی بین محتوای تطریق و برخی از آثار دیگر بیرونی به چشم می‌خورد. بخش‌هایی از تطریق به اسطرلاب‌های غیر معیار اختصاص دارد. چنان‌که در استیعاب می‌بینیم، پرداختن به اسطرلاب‌های غیر معیار از علائق بیرونی بوده است. روش (غیر عملی)^۱ درونیابی‌ای که بیرونی در باب دهم تطریق به آن پرداخته (بیرونی، تطریق، ۴۳-۴۴)، در إخراج (برای نمونه فصل پنجم؛ همو، إخراج، ۱۰۱-۱۰۲) و التفهیم (۳۰۲-۳۰۵) نیز آمده است. بیرونی در تطریق اصطلاحاتی را به کار برده که در القانون المسعودی نیز دیده می‌شوند.^۲ اصطلاح «افق معترض» که بیرونی آن را در تطریق تعریف کرده (همو، تطریق، ۱۲)، در کتاب الدرر (۱۱۶-۱۱۷) نیز آمده است. مشابهت‌های بسیار دیگری نیز در متن تطریق با آثار دیگر بیرونی وجود دارد. علاوه بر این‌ها، سبک نوشتاری تطریق، از لحاظ پیچیدگی ساختار جملات و به کارگیری ایجازها با آثار دیگر بیرونی، به ویژه افراد المقال فی أمر الظلال، شبیه است.

سبک نوشتاری بیرونی در تطریق

بیرونی نه تنها منجم و ریاضی‌دان بود، بلکه به زبان و ادبیات عرب نیز علاقه‌مند بود. شیوه نوشتاری او در برخی از آثار ریاضی و نجومش، با شیوه ریاضی دانان و منجمان دیگر دوره اسلامی (از جمله ثابت بن قره، عبدالرحمن صوفی، ابن هیثم و سجزی) متفاوت است. دایره لغات عربی بیرونی بسیار گسترده بوده است. مثلاً وی در تطریق گاه از جملات مسجع استفاده کرده و گاه با به کار بردن ضمائر متعدد از ایجاز بهره برده است. این ویژگی در تطریق بسیار بیشتر از إخراج دیده می‌شود. احتمالاً بیرونی این سبک نوشتار را متناسب با مرتبه علمی مخاطبان تطریق به کار گرفته و خواسته مهارت خود در زبان عربی را نیز نشان دهد. وی در نوشتن تطریق از آیات قرآن و عبارات معروف عربی نیز بهره برده است (برای نمونه نک: همو، تطریق، ۱۳، ۸۳، ۸۵).

۱. این روش به علت ابعاد کوچک اسطرلاب معمولی (با قطری حدود ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر) عملاً غیر ممکن است و فقط جنبه نظری دارد.

۲. از جمله این اصطلاحات می‌توان به واژه‌های «حمانیة» و «رحاویة» اشاره کرد بیرونی (تطریق، باب ۱۱، فصل ۲؛ القانون المسعودی، ۲/۵۳۳، ۵۳۵) آن‌ها را برای بیان مسیر حرکت ظاهری روزانه خورشید در افق‌های مختلف به کار برده است.

دو رساله در اسطرلاب از ابوریحان بیرونی / ۴۳۳

افزون بر این، بیرونی در تطریق از اصلاحاتی استفاده کرده است که کاربرد آن‌ها را در رساله‌های دیگر اسطرلاب سراغ نداریم. از جمله این اصطلاحات می‌توان به «مدار العرض» (به معنی دایره‌ای بر کره آسمان پیرامون قطب شمال سماوی با شعاعی برابر با عرض جغرافیایی مورد نظر)، «مجتنبه» و «مشملمه» (به معنی واقع شده در/عبورکننده از جنوب و شمال)، «ساعات القیاس» (به معنی ساعات نابرابر)، و «الأفق المعترض» (تصویر وارونه افق معمولی نسبت به خط شرقی-غربی که در اسطرلاب‌های غیر معیار رسم می‌شده است). برخی از این اصطلاحات ممکن است ابداع خود بیرونی بوده باشند.

تاریخ تألیف إخراج و تطریق

بیرونی در تطریق نام ابوالعباس خوارزمشاه (حاکم خوارزم که در ۴۰۷ ق کشته شد؛ بیهقی، ۶۴۷) را با لقب «الأمیر الشهید» و «أنار الله برهانه» ذکر کرده است (بیرونی، تطریق، ۶). بنا بر این بیرونی تطریق را پس از ۴۰۷ ق نوشته است، مگر اینکه کتاب نسخه این القاب را افزوده باشد. ارجاع بیرونی به کهری (واحدی هندی برای زمان سنجی معادل با ۱/۶ شبانه‌روز) نشان می‌دهد که او این اثر را احتمالاً پس از اقامتش در هند نوشته است.^۱ بیرونی در آخرین باب تطریق نوشته است که وی در «جوانی» قصد داشته شعاع زمین را اندازه بگیرد (همو، تطریق، ۸۳). این عبارت شاهد دیگری است که نشان می‌دهد بیرونی تطریق را در ایام جوانی ننوخته است. سرانجام اینکه، هرچند تطریق یک اثر مهم است، در فهرست بیرونی از آثارش (تألیف در ۴۲۷ ق) نیامده است.

با توجه به اینکه عنوان رساله إخراج در فهرست آثار بیرونی آمده (بویلو، ۱۹۳، ش. ۴۹)، وی إخراج را پیش از ۴۲۷ ق نوشته است. وی در إخراج اشاره کرده که هنوز شعاع زمین را با رصد زاویه انحطاط خورشید از قله کوه‌های مرتفع اندازه نگرفته است (بیرونی، إخراج، ۱۴۳). بیرونی این اندازه‌گیری را زمانی که در قلعه نندنه، واقع در پاکستان امروزی، بود در حدود ۴۰۸ ق انجام داد (همو، تحدید، ۲۲۲). بنا بر این وی إخراج را پیش از ۴۰۸ ق نوشته است.

علاوه بر شواهد بالا، دلیل دیگری وجود دارد که نشان می‌دهد بیرونی این اثر را احتمالاً چند سال زودتر از تاریخ‌های مذکور نوشته است. بیرونی در فصل ۴۲ إخراج (۱۲۵-۱۲۶) روشی برای تعیین مطرح شعاعات توضیح می‌دهد که آن را به بطلمیوس

۱. تاریخ دقیق اقامت بیرونی در هند مشخص نیست، اما بر اساس شواهد احتمالاً حدود ۴۱۶ ق بوده است.

نسبت داده و در زمان او روش معیار محسوب می‌شده است. اما در فصل ۴۴ إخراج (۱۲۷-۱۲۸) روش دیگری را بیان می‌کند که آن را «روش اصلاح‌شده» (الطریق المصحح) نامیده است. در هر دو روش چندضلعی‌های منتظمی برای تعیین شعاعات فرض شده‌اند که استوای سماوی قرار دارد. اما بیرونی در بیشتر سال‌های عمرش بر این باور بوده است که این چند ضلعی‌ها نه بر استوای سماوی، که باید بر دایرة البروج قرار گیرند، و به تعبیر او نظریه مطرح شعاعات باید مستقل از مطالع (که همواره بر استوای سماوی هستند) باشد. وجود روش اصلاح‌شده در إخراج نشان می‌دهد که بیرونی در زمان تألیف إخراج، هنوز نظریه خود را ارتقاء نبخشیده بوده است. در صورت درستی این استدلال، بیرونی باید إخراج را پیش از الآثار الباقية (تألیف در حدود ۳۹۰ق)، که در آن نظریه جدیدش را بیان کرده است،^۱ نوشته باشد.

بیرونی در إخراج (۱۱۶) به منبعی که از آن با عنوان القانون ارجاع داده است، اما منظور او القانون المسعودی (تألیف در ۴۲۰ق) نیست، بلکه جدول‌های دستی^۲ بطلمیوس است که در دوره اسلامی به عربی ترجمه شده بود و به القانون معروف بود (سزگین،^۳ ۱۸۵/۵). بنا بر این این ارجاع به معنای تألیف إخراج پس از القانون المسعودی نیست.^۴

نسخه‌های موجود از إخراج و تطریق

تطریق

تنها نسخه باقی‌مانده از این رساله بخشی از نسخه خطی شماره ۲۴۹۸ کتابخانه ملی فرانسه^۵ در پاریس است. این نسخه، که تصویر آن در سایت کتابخانه ملی فرانسه قابل دسترسی است،^۶ شامل چهار بخش زیر، همگی به خط یک کاتب، است:

۱. بیرونی، الآثار الباقية، ۱۰؛ بیرونی در اینجا عبارت «تجرید شعاعات» را به کار برده است.

2. Handy tables

3. Sezgin

۴. بیرونی در تمهید المستقر لتحقیق معنی الممر (۲۲) نیز به القانون ارجاع داده، اما آن را به تئون اسکندرانی منسوب کرده است، در حالی که اصل اثر از بطلمیوس بوده و تئون آن را بازنویسی کرده است (سزگین، ۱۰۲/۶).

5. Arabe no. 2498, Bibliothèque nationale de France.

6. <https://gallica.bnf.fr/ark>

دو رساله در اسطرلاب از ابوریحان بیرونی / ۴۳۵

۱- مقالة في التطبيق إلى استعمال فنون الأسطرلابات (۱ظ-۶۲و) از بیرونی؛

۲- في استخراج خاتم (۶۲و-۶۳و) از مؤلفی ناشناس؛

۳- بخش کوچکی از نهیة الإدراک في درایة الأفلاک (۶۳ظ) از قطب الدین شیرازی؛^۱

۴- رسالة في العمل بالأسطرلاب (۶۵ظ-۱۷۷ظ) از عبدالرحمن صوفی رازی.^۲ فلورا وافیاء^۳ این رساله را در پایان نامه دکتری خود (پاریس، ۲۰۰۶)، که منتشر نشده، بررسی کرده است.

نسخه خطی مذکور بدون دقت کافی نوشته شده و شامل تعداد زیادی کلمات ناخوانا و با املای نادرست است که بسیاری از آن‌ها از اصطلاحات نجومی هستند. بیشتر کلمات بدون نقطه یا با نقطه‌گذاری اشتباه نوشته شده‌اند. ظاهراً کاتب با موضوع رساله‌ها ناآشنا بوده و نیز قواعد عربی را در مورد افعال مؤنث و مذکر رعایت نکرده است. رساله صوفی شامل توضیحاتی در حاشیه نسخه است که بیشتر آن‌ها به خط متن اصلی هستند. این نسخه فاقد تصویر است، هرچند در رساله‌های بیرونی و صوفی فضاهای خالی برای تصاویر وجود دارد.

بر صفحه عنوان این نسخه (۱و) شماره ۱۱۵۹ دیده می‌شود. این نسخه ذیل همین شماره در فهرست ملو^۴ (۲۲۴)، که در سال ۱۷۳۹م منتشر شده است، معرفی شده است. بنا بر این این نسخه دست کم از اوایل قرن ۱۸م در پاریس بوده است.

۱. تألیف نهیة الإدراک در ۶۸۰ق پایان یافته است.

۲. متن این رساله در حیدرآباد دکن، در ۱۹۶۲، چاپ شده است. برای آگاهی از محتوای این رساله و نسخه‌های موجود از آن نک: کندی و دستومبس، ۴۰۵-۴۴۷.

3. Flora Vafea

4. Mellot

ملو اشاره کرده که این نسخه از کتابخانه کاردینال جولز مازارین (۱۶۰۲-۱۶۶۱) آمده است.

دو سالان^۱ (۴۴۳) و واجدا^۲ (۷۴) تاریخ کتابت این نسخه را قرن ۱۶ م دانسته‌اند. در فهرست گارل-گریسلین^۳ (۱۳۰) تاریخ غیر محتمل ۱۲۳۷ م (۶۳۴-۶۳۵ ق) بدون هیچ استدلالی ذکر کرده شده است، و کندی^۴ و دستومبس^۵ (۵) این نسخه را کتابت ۹۱۶ ق (۱۱-۱۵۱۰ م) دانسته‌اند. تنها تاریخی که در این نسخه دیده می‌شود تاریخ مذکور در ترقیمه آن است. کاتب در ترقیمه تاریخ پایان کتابت نسخه را نیمه شب اوایل رجب سالی نوشته است که عدد آن سال واضح نیست. زیر واژه «سنة» عددی، احتمالاً با حروف ابجد، نوشته شده است که می‌تواند به صورت یج/یح/نج/نح ا د/و (۶/۴، ۱، ۵۸/۵۳/۱۸/۱۳) خوانده شود، اما هیچ یک از این خوانش‌ها نمی‌تواند عدد سال کتابت باشد. اگر این عدد را عددی با رقم‌های هندی-عربی (که احتمالش کم است) در نظر بگیریم، به عدد ۹۱۴ شبیه است. احتمال دیگر این است که این عدد ارتباطی با سال کتابت نسخه نداشته باشد. متأسفانه بخشی از کاغذ نسخه در زیر ترقیمه پاره شده و ممکن است قسمتی از این عدد از بین رفته باشد.

مقدمه بیرونی در تطبیق با فهرست مندرجات رساله، شامل عنوان همه فصول است. تفاوت اندک بین عناوین مذکور در فهرست با عناوین فصول نشان می‌دهد که فهرست احتمالاً در نسخه اصلی رساله وجود داشته است و افزوده کاتب نیست.^۶ همه فصولی که عنوانشان در فهرست آمده است در نسخه پاریس موجودند، بنا بر این نسخه پاریس کامل است. روزنفلد^۷ و احسان اوغلو^۸ (۱۵۱) نسخه دیگری از این رساله را ذکر کرده‌اند که در قاهره (میقات ۹۱۴) نگهداری می‌شود، اما چنان که کینگ (۱۹۸۶، ۴۸) نوشته، آن «نسخه» مجموعه‌ای از تصاویر همین نسخه پاریس است.

1. De Slane
2. Vajda
3. Garel-Grislin
4. Kennedy
5. Destombes

۶. این تفاوت‌ها مربوط به فصول ۳-۵، ۲-۶، ۳-۸، ۳-۱۳، ۵-۱۶ و ۳ هستند.

7. Rosenfeld
8. Ihsanoğlu

دو رساله در اسطربلاب از ابوریحان بیرونی / ۴۳۷

إخراج

نسخه‌های متعددی از این رساله موجود است که از میان آن‌ها، نسخه‌های زیر در دسترس نگارنده بوده است:

۱- ترکیه، دیاربکر، کتابخانه هالک، آ ۲۲۱۳: کتابت ذوالقعدة ۷۲۶ ق در نجف (ترقیمه)؛ عنوانی که کاتب نوشته است: کتاب إخراج ما في قوة الأسطربلاب إلى الفعل؛ کامل؛

۲- ایران، تهران، دانشکده الهیات دانشگاه تهران، شماره ۵۱/۱؛ کتابت ۷۹۱ ق (ترقیمه)؛ عنوانی که کاتب نوشته است: کتاب في علم الأسطربلاب؛ فاقد فصل آخر (درایتی، ۱۳۹۴، ۴۶۰/۳)؛

۳- آلمان، کتابخانه ملی برلین، شماره فهرست آوارت^۲ (۲۲۸-۲۳۰): ۵۷۹۴؛ کتابت ۱۱۰۰ ق (فهرست)؛ عنوانی که فهرست‌نویس نوشته است: رسالة في الأسطربلاب؛ کامل؛

۴- مصر، قاهره، دارالکتب، شماره فلک ۳۷۷۴/۲؛ کتابت ۱۲۶۹ ق (ترقیمه)؛ عنوانی که فهرست‌نویس نوشته است: رياضة الفكر والعقل في إخراج ما في قوة الأسطربلاب إلى الفعل؛ فاقد فصل اول (کینگ، ۱۹۸۶، ۴۸)؛

۵- ایران، تهران، کتابخانه مرکزی دانشگاه تهران، شماره ۱۹۷۱/۲؛ کتابت ۱۲۷۴ ق (ترقیمه)؛ عنوانی که کاتب نوشته است: رسالة في علم الأسطربلاب؛ فاقد فصل آخر^۳؛

۶- ایران، تهران، کتابخانه مجلس، شماره ۱۵۱۶/۱؛ کتابت ۱۲۸۳ ق (ترقیمه)؛ عنوانی که کاتب نوشته است: الكتاب في معرفة الأسطربلاب؛ فاقد فصل آخر (نک: درایتی، ۱۳۹۴، ۴۶۰/۳)؛

1. Il Halk Kütüphanesi, A 2213.

از دوست گرامی، حسین شن (Hüsezin Şen)، که تصویر این نسخه را در اختیارم گذاشت، بسیار سپاسگزارم.

2. Ahlwardt

۳. درایتی (۱۳۹۴، ۴۶۰/۳) تاریخ کتابت را به‌اشتباه ۱۲۷۳ نوشته است.

۷- مصر، قاهره، دارالکتب، شماره فلک ۲۶۲؛ حدود ۱۳۰۰ ق (فهرست)؛ عنوانی که کاتب نوشته است: ریاضة الفکر و العقل في إخراج ما في قوة الأسطلاب إلى الفعل؛ فاقد فصل آخر (کینگ، ۱۹۸۶، ۴۸)؛

۸- ایران، مشهد، آستان قدس رضوی، شماره ۵۵۹۴؛ کتابت ۱۳۱۸ ق (فهرست)؛ عنوانی که کاتب نوشته است: الکتاب في معرفة الأسطلاب؛ فاقد فصل آخر (سزگین، ۲۶۹/۶؛ درایتی، ۱۳۹۴، ۴۶۰/۳)؛

۹- ایران، یزد، کتابخانه وزیری، شماره ۳۷۵۳/۸؛ بدون تاریخ؛ عنوانی که فهرست‌نویس نوشته است: أسطلاب؛ کامل (درایتی، ۱۳۹۴، ۴۶۰/۳)؛

۱۰- ایران، تهران، کتابخانه ملی، شماره ۲۱۲۷۳؛ بدون تاریخ؛ عنوانی که فهرست‌نویس نوشته است: رساله در نجوم؛ فقط شامل ۱۶ فصل اول.^۱

تاریخ کتابت نسخه‌ها و مختصات متنی (حاشیه‌ها و اشتباهات املائی در نوشتن اصطلاحات) نشان می‌دهد که هیچ یک از نسخه‌های مذکور به وسیله خود بیرونی نوشته یا نویسانده نشده‌اند. بر اساس ترقیمه، نسخه دیاریکر (کتابت ذوالقعدة ۷۲۶ ق) کهن‌ترین نسخه موجود است.

روزنفلد و احسان اوغلو (۱۵۱) نسخه شماره ۵۴۶۹/۳ کتابخانه مرکزی دانشگاه تهران را نیز در فهرست نسخه‌های إخراج آورده‌اند، اما این نسخه، نسخه‌ای از اثر دیگر بیرونی با عنوان تسطیح الصور وتسطیح الکور است. إخراج در برگ‌های دیگر این نسخه نیز نوشته نشده است. روزنفلد و احسان اوغلو نسخه قاهره، فلک ۳۹۲۹، را نیز به عنوان نسخه دیگری از إخراج ذکر کرده‌اند، اما کینگ (۱۹۸۶، ۴۸) آن را تصویری از نسخه دارالکتب، فلک ۲۶۲، دانسته است. روزنفلد و احسان اوغلو (۱۵۱) همچنین به دو نسخه دیگر از إخراج اشاره کرده‌اند که در هند نگهداری می‌شوند (حیدرآباد،

۱. این نسخه در وبسایت کتابخانه ملی ایران با نشانی زیر فهرست شده است:

دو رساله در اسطرلاب از ابوریحان بیرونی / ۴۳۹

ریاضة، ۴۲؛ و رامپور، ۳۶۸۹)، اما هیچ یک از این دو نسخه در دسترس نگارنده نبود تا محتوای آن‌ها را بررسی کند. بویلو (۲۸۷) عنوان نسخه حیدرآباد را ریاضة الفکر والعقل ذکر کرده است. بنا بر این این نسخه باید نسخه‌ای از إخراج باشد، چون عنوان آن مطابق عنوان نسخه‌های قاهره از إخراج است. کینگ (۱۹۸۶، ۴۸) نسخه کتابخانه رئیس‌الکتاب استانبول به شماره ۱۵۷۷ را به عنوان نسخه‌ای ناشناخته از رساله اسطرلاب بیرونی معرفی کرده و اشاره کرده که ماکس کراوزه^۲ در دهه ۱۹۳۰ از وجود این نسخه با خبر بوده، اما به آن دسترسی نداشته است. در ژانویه ۲۰۱۹، حسین شن^۳ به این نسخه دسترسی یافت و تصاویر آن را در اختیار من گذاشت و نهایتاً دریافتیم نسخه‌ای از استیعاب بیرونی است.

إخراج و تطریق در مقایسه با دیگر رساله‌های بیرونی در اسطرلاب
بیرونی در آغاز تطریق (۱۲-۱۳) خوانندگان رساله‌های اسطرلاب را به سه دسته تقسیم می‌کند:

یک: خوانندگانی که سطح دانش آن‌ها در نجوم پایین است، و فقط به کاربردهای عملی از اسطرلاب علاقه‌مندند؛

دو: خوانندگانی که سطح دانش آن‌ها در نجوم متوسط است، و نسبت به دسته نخست، به داشتن اطلاعات بیشتری از اسطرلاب علاقه‌مندند؛

سه: خوانندگانی که سطح دانش آن‌ها در نجوم بالاست، به مسئله‌های پیشرفته علاقه‌مندند و فقط با اثبات‌های ریاضی قانع می‌شوند. منظور بیرونی اثبات‌هایی بر اساس ریاضیات یونانی، یعنی اصول اقلیدس و مجسطی بطلمیوس است، که در زمان او ترجمه‌های متعددی از آن‌ها به عربی در دسترس بود.

می‌توان به این طبقه‌بندی گروه دیگری، با شماره «صفر»، نیز برای خوانندگانی که هیچ دانشی در باره نجوم ندارند اضافه کرد. این طبقه‌بندی می‌تواند برای دیگر آثار بیرونی در ریاضی و نجوم نیز به کار رود. مثلاً التفهیم بیرونی در گروه «صفر»، و القانون

1. Aşir Reisülküttap 577.

2. Max Krause

3. Hüseyin Şen.

المسعودی در گروه «سه» قرار می‌گیرد. در اینجا فهرستی از آثار بیرونی در اسطرلاب به ترتیب سطح علمی مخاطبان آن‌ها، بر اساس طبقه‌بندی بالا، می‌آوریم:

۱- التفهیم لأوائل صناعة التنجیم: کتابی شامل بیش از ۵۰۰ پرسش و پاسخ که بیرونی آن را در حدود سال ۴۲۰ ق نوشته است. فصل چهارم این کتاب شامل اطلاعات مقدماتی و مختصری در باره ساختار و کاربرد اسطرلاب معیار است و در آن فقط به نام برخی از اسطرلاب‌های غیر معیار اشاره شده است. رمزی رایت^۱ متن عربی این کتاب را همراه با ترجمه انگلیسی آن چاپ کرده و جلال الدین همایی متن فارسی آن را تصحیح کرده است. سطح علمی مخاطب: صفر؛

۲- کتاب إخراج ما في قوة الأسطرلاب إلى الفعل = رياضة الفكر والعقل في إخراج ما في قوة الأسطرلاب إلى الفعل. رساله‌ای در کاربرد اسطرلاب های معیار که بیشتر مطالب آن برای مخاطب با سطح علمی «یک» نوشته شده است، هرچند مطالب متناسب با سطوح بالاتر هم در آن آمده است. براساس شواهدی که در متن رساله دیده می‌شود، بیرونی آن را پیش از ۳۹۰ ق نوشته است. نلینو (۲۹۰-۲۹۱) متن عربی فصل آخر رساله (در باره محاسبه محیط زمین) را نقل کرده است. مقدمه و فصل آخر این رساله را ویدمان^۲ (نک: ویدمان ۱۹۰۸، ویدمان ۱۹۲۰) به آلمانی ترجمه کرده است. متن عربی تصحیح شدهٔ إخراج به صورت بخشی از پایان‌نامهٔ دکتری نگارندهٔ مقاله حاضر زیر نظر یان پ. هوخندایک در دانشگاه اوترخت هلند منتشر شده است (رضوانی، ۸۷-۱۴۴ بخش عربی).

۳- استيعاب الوجوه الممكنة في صناعة الأسطرلاب: کتابی در باره چگونگی ساخت انواع مختلف اسطرلاب، شامل اسطرلاب‌های معیار و غیر معیار، که دربرگیرندهٔ شکل‌های بسیار ولی بدون اثبات ریاضی است. این اثر باید قبل از ۳۹۰ ق نوشته شده باشد، چون بیرونی در کتاب الآثار الباقية (۳۵۷)، که آن را در حدود تاریخ مذکور نوشته، به این اثر ارجاع داده است. محمداکبر جوادی حسینی متن عربی این کتاب را تصحیح و منتشر

1. Ramsay Wright
2. Wiedemann

دو رساله در اسطرلاب از ابوریحان بیرونی / ۴۴۱

کرده است، اما شکل‌هایی که در متن مصحح چاپ شده‌اند افزوده مصحح هستند و در مواردی با خطا همراهند. بنا بر این در کنار متن تصحیح‌شده باید نسخه‌ها هم کنترل شوند. کل کتاب به هیچ زبان اروپایی ترجمه نشده است. ویدمان و فرانک^۱ خلاصه آلمانی آن را چاپ کرده‌اند (ویدمان و فرانک، ۹۷-۱۲۱؛ نک: فرانک). ویدمان (۱۹۱۳، ۵-۱۳؛ ویدمان و فرانک، ۲۲۵-۲۳۶)، هیل^۲ (۱۳۹-۱۶۳) و وافیا (۲۹۷-۳۱۹) نیز برخی از فصول آن را ترجمه کرده‌اند. سطح علمی مخاطب: دو؛

۴- کتاب الدرر فی سطح الأکر = فی تسهیل التسطیح الأسطرلاب والعمل بمرکباته من الشمال والجنوب. رساله‌ای کوتاه، برای ابوسهل عیسی مسیحی (بیرونی، کتاب الدرر، ۱۲۶)، متوفی پس از ۴۰۰ق، که بیرونی در آن ابتدا به ساختار اسطرلاب‌های معیار با شکل و بدون اثبات ریاضی پرداخته، و سپس چگونگی یافتن طالع با برخی اسطرلاب‌های غیر معیار را توضیح داده است. احمد دلال متن عربی رساله را همراه با ترجمه انگلیسی آن چاپ کرده است، اما نسخه کتابخانه ملک به شماره ۶۴۰/۷ از این رساله (درایتی، ۱۳۹۴، ۸/۱۹۷-۱۹۸) در دسترس او نبوده است. سطح علمی مخاطب: دو؛

۵- مقالة فی التطریق إلی استعمال فنون الأسطرلابات: رساله‌ای در کاربرد انواع مختلف اسطرلاب که بیرونی احتمالاً آن را بعد از ۴۲۷ق نوشته است. متن تصحیح‌شده عربی این رساله همراه با ترجمه انگلیسی و شرح آن نخستین بار در سال ۲۰۱۹ در قالب پایان‌نامه دکتری نگارنده مقاله حاضر منتشر شده است (رضوانی، ۱-۸۵ بخش عربی؛ ۶۴-۲۶۸). سطح علمی مخاطب: دو؛

بیرونی رساله کوتاهی در باره اسطرلاب کروی هم نوشته است که به نظر می‌رسد از بین رفته است (بویلو، ۱۹۳). نسخه خطی کتابخانه مرکزی دانشگاه تهران به شماره ۵۴۶۹/۱ (ظ-۸و) شامل رساله‌ای کوتاه با عنوان مقالة فی صنعة الأسطرلاب منسوب

1. Frank
2. Hill

به بیرونی است، اما عنوان این اثر در فهرست بیرونی از آثارش نیامده و احتمالاً از او نیست (سزگین، ۲۶۹/۶).

نتیجه

بیرونی در استخراج کوشیده است همه کاربردهای اسطرلاب را برای خواننده‌ای با اطلاعات مقدماتی در نجوم، بدون آوردن توضیحات غیرضروری که موجب طولانی شدن رساله می‌شود، بیان کند. وی در تطبیق، که فنی‌تر از استخراج است، اطلاعاتی در باره ساختار و چگونگی استفاده از برخی اسطرلاب‌های غیر معیار، در کنار توضیحاتش در باره اسطرلاب‌های معیار، آورده است. بسیاری از این توضیحات در دیگر رساله‌های اسطرلاب یافت نمی‌شوند و بسیاری دیگر به صورت پراکنده در رساله‌های مختلف آمده‌اند. از این جهت، تطبیق در بین آثار دوره اسلامی با موضوع اسطرلاب بی‌نظیر است و در کنار توضیحاتی که بیرونی در استیعاب در باره ساختار اسطرلاب‌های غیر معیار (به جز اسطرلاب هلالی) آورده است، مجموعه کاملی از مطالب در باره این اسطرلاب‌ها را در دسترس مخاطب قرار می‌دهد.

با توجه به این که کار با اسطرلاب‌های غیر معیار معمولاً دشوارتر از اسطرلاب‌های معیار است، احتمالاً اسطرلاب‌های غیر معیار، در کنار جنبه‌های تئوری که برای برخی از مخاطبان جذاب بوده است، بیشتر برای اهداء به حاکمان ساخته می‌شدند. اشاره سجزی به اهداء اسطرلاب هلالی به عضدالدوله گواهی بر این مطلب است. از این لحاظ، می‌توان ساخت این نوع اسطرلاب‌ها را به نوعی سنت علمی درباری متعلق دانست. تعداد بسیار اندک نمونه‌های باقی‌مانده از این گونه اسطرلاب‌ها به علت عدم رواج استفاده از آنهاست.

در توضیح ساختار اسطرلاب زورقی، بیرونی به ارتباط آن با نظریه گردش وضعی زمین، که چنان‌که خود گفته نزد برخی از دانشمندان هند پذیرفته شده بوده است، اشاره می‌کند، اما موضع خود و سجزی در باره این نظریه را بیان نمی‌کند. علاوه بر این که ممکن است یکی از علت‌های طراحی این اسطرلاب ساده‌تر بودن ساخت آن باشد.

وجود تنها یک نسخه از تطبیق احتمالاً به علت دشواری مباحث و کمتر بودن مخاطب مناسب برای این مباحث، رواج کم اسطرلاب‌های غیر معیار، و نیز دشواری زبانی است که بیرونی در تألیف آن به کار برده است. چنان‌که دیدیم، از استخراج، که با

دو رساله در اسطرلاب از ابوریحان بیرونی/ ۴۴۳

زبانی ساده‌تر در باره اسطرلاب‌های معیار نوشته شده است، نسخه‌های خطی متعددی موجود است.

منابع

بیرونی، ابوریحان محمد بن احمد. (۱۸۷۸م). الآثار الباقية عن القرون الخالية. متن عربی تصحیح‌شده در:

Chronologie Orientalischer Völker von Alberuni. Leipzig: Herausgeben von Dr.

C. Eduard Sachau.

_____. (۲۰۱۹). کتاب فی إخراج ما فی قوّة الأسطرلاب إلى الفعل. متن عربی تصحیح‌شده در:

Rezvani, Pouyan. "Two treatises on the astrolabe by Abu Rayhan Muhammad ibn Ahmad Biruni (973-1048 A.D.)." PhD dissertation under the supervision of Jan P. Hogendijk, Utrecht University, The Netherlands.

_____. (۱۳۸۰ش). استيعاب الوجوه الممكنة في صناعة الأسطرلاب. تصحیح محمد اکبر جوادی حسینی. مشهد.

_____. (۱۹۹۲م). تحديد نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن. متن عربی تصحیح‌شده در:

K. *Tahdīd Nahāyāt al-Amākin li-Taṣḥīh Masāfāt al-Masākin*. edited by P. Bulgakov and Imam Ibrahim Ahmad. Cairo, 1962 [reprinted in *Islamic Geography*, vol. 25. Institute for History of Arabic-Islamic Science, Frankfurt am Main 1992].

_____. (۲۰۱۹). مقالة فی التطریق إلى استعمال فنون الأسطرلابات. متن عربی تصحیح‌شده همراه با شرح و ترجمه انگلیسی در:

P. Rezvani. "Two treatises on the astrolabe by Abu Rayhan Muhammad ibn Ahmad Biruni (973-1048 A.D.)." PhD dissertation under the supervision of Jan P. Hogendijk, Utrecht University, The Netherlands.

۴۴۴ / تاریخ علم، دوره ۱۸، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۹

- _____ . (۱۳۶۲ش). التفهیم لأوائل صناعة التنجیم. متن فارسی. تصحیح جلال‌الدین همایی. تهران.
- _____ . (۱۳۶۷ق/۱۹۴۸م). تمهید المستقر لتحقیق معنی الممر. متن عربی تصحیح شده در: Arabic text in: *Rasā'il al-Bīrūnī*, containing four tracks. Hyderabad: Osmania Oriental Publications Bureau.
- _____ . (۱۳۷۳-۱۳۷۵ق). القانون المسعودی. حیدرآباد دکن: دائرة المعارف العثمانیة.
- _____ . (۱۹۸۷-۱۹۸۸م). کتاب الدرر فی سطح الأکر. متن عربی تصحیح شده همراه با ترجمه انگلیسی در:
Dallal, Ahmad. "Bīrūnī's Book of Pearls Concerning the Projection of Spheres." *Zeitschrift für Geschichte der arabisch-islamischen Wissenschaften*, vol. 4, pp. 81-138.
- بیهقی، ابوالفضل محمد بن حسین، (۱۳۸۳ش). تاریخ بیهقی. تصحیح علی‌اکبر فیاض. مشهد: دانشگاه فردوسی.
- درایتی، مصطفی. (۱۳۸۹ش). فهرست‌واره دست‌نوشته‌های ایران (دنا). تهران: کتابخانه، موزه و مرکز اسناد مجلس شورای اسلامی.
- _____ . (۱۳۹۴ش). فهرستگان نسخه‌های خطی ایران (فتخا). تهران: سازمان اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران.
- سجزی، ابوسعید احمد بن عبدالجلیل، کتاب فی عمل الأسطرلاب، نسخه خطی شماره ۳۳۴۲ استانبول: کتابخانه تویقاپی، مجموعه احمد ثالث.
- نلینو، کارلو آلفونسو. (۱۴۱۳ق). علم الفلك تاریخه عند العرب فی القرون الوسطی. بیروت.
- Ahlwardt, Wilhelm. (1893). *Verzeichniss der arabischen Handschriften*, Band 5. Berlin = *Die Handschriften Verzeichnisse der königlichen Bibliothek zu Berlin* vol. 17.
- Boilot, D. J. (1955). "L'oeuvre d'al-Beruni, Essai bibliographique." *Mélanges de l'Institut Dominicain d'Études Orientales du Caire*, vol. 2, pp. 161-256 [reprinted in *Islamic Mathematics and Astronomy*, vol.36, Edited by Fuat Sezgin, Frankfurt am Main, 1998]
- Calvo, Emilia. (1990). "La lámina universal der 'Ali b. Jalaf (s. XI) en la versión alfonsi y su evolución en instrumentos posteriores." *Ochava Espera y Astrofísica*, pp. 221-231.
- De Slane, William MacGuckin Baron (1883-1895). *Catalogue des Manuscrits Arabes*. Paris.
- DSB: *Dictionary of Scientific Biography*. Editor in chief: Charles Coulston Gillispie, New York, 1970-1980, vol. 2, s.v. "Al-Bīrūnī" (by E. S. Kennedy).
- Frank, Josef. (1920). "Zur Geschichte des Astrolabs." *Habilitationsschrift* (Auszug), Erlangen [reprinted in *Islamic Mathematics and Astronomy*, vol. 35, edited by Fuat Sezgin, Frankfurt am Main 1998]

- Garel-Grislin, Julie. (2013). *Les Manuscrits Arabes et Persans du Cardinal Mazarin Conservés à la Bibliothèque Nationale de France*. University of Lyon.
- Hill, Donald. (1985). "Al-Bīrūnī's Mechanical Calendar." *Annals of Science*, vol. 42, pp. 139-163.
- Kennedy, Edward Stewart and Marcel Destombes. (1966). "Introduction to Kitāb al-ʿAmal bi'l-Asturlāb." English introduction to the Arabic text of al-Sūfī's astrolabe treatise. Hyderabad [reprinted in: E.S. Kennedy, colleagues and former students, *Studies in the Islamic Exact Sciences*, edited, pp. 405-447, Beirut 1983]
- King, David A. (1986). *A Survey of the Scientific Manuscripts in the Egyptian National Library*. published for the American Research Center in Egypt (Catalogs, vol. 5) by Eisenbrauns, Winona Lake, Indiana.
- . (2004-2005). *In Synchrony with the Heavens, Studies in Astronomical Timekeeping and Instrumentation in Medieval Islamic Civilization*. Leiden-Boston: Brill.
- Mellot, Anicet. (1739). *Catalogus Codicum Manuscriptorum Bibliothecae Regiae. Tomus Primus*. Paris.
- North, John David. (1974). "The Astrolabe." *Scientific American*, vol. 230, no. 1, pp. 96-107.
- Pines, Shlomo. (1956). "La theorie de la rotation de la terre a l'epoque d'al-Biruni." *Journal Asiatique*, no. 244, pp. 301-306.
- Puig, Roser. (1986). *Ibn al-Naqqāsh al-Zarqalluh, Al-Shakkāzīyya*. Barcelona.
- Rezvani, Pouyan. (2019). "Two treatises on the astrolabe by Abu Rayhan Muhammad ibn Ahmad Biruni (973-1048 A.D.)." PhD dissertation under the supervision of Jan P. Hogendijk, Utrecht University, The Netherlands.
- Rosenfeld, Boris Abramovich & Ekmeleddin Ihsanoğlu. (2003). *Mathematicians, Astronomers, and Other Scholars of Islamic Civilization and Their Works (7th-19th c.)*. Istanbul: Research Centre for Islamic History, Art and Culture (IRCICA).
- Sarma, Sreeramula Rajeswara. (2019). *A Descriptive Catalogue of Indian Astronomical Instruments*. Dusseldorf . available at www.srsarma.in.
- Sezgin, Fuat. (1974,1978). *GAS: Geschichte des arabischen Schrifttums*. Band V und VI. Leiden: Brill.
- Vafea, Flora. (2017). "Al-Bīrūnī: The Plate of the Eclipses." *Suhayl: International Journal for the History of the Exact and Natural Sciences in Islamic Civilization*, vol. 15, pp. 297-354.
- Vajda, Georges. *Notices des Manuscrits Arabe 2400 à 2759*, Bibliothèque Nationale de France, Paris, Gallica MS. Arabe 7299-3.
- Wiedemann, Eilhard. (1908). "Bestimmungen des Erdumfanges von al-Beruni." *Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik*, vol. 1,

pp. 66-69 [reprinted in *Islamic Mathematics and Astronomy*, vol. 34, edited by Fuat Sezgin, Frankfurt am Main 1998]

———. (1913). “Ein Instrument, das die Bewegung von Sonne und Mond darstellt, nach al Biruni.” *Der Islam*, vol. 4, pp. 5-13. Strassburg [reprinted in *Islamic Mathematics and Astronomy*, vol. 34, edited by Fuat Sezgin, Frankfurt am Main 1998]

———. (1920). “Einleitungen zu arabischen astronomischen Werken.” *Das Weltall*, vol. 20, Berlin-Treptow, pp. 131-132 [reprinted in *Islamic Mathematics and Astronomy*, vol. 34, ed. F. Sezgin, Frankfurt 1998]

Wiedemann, Eilhard and Josef Frank. (1920-1921). “Allgemeine Betrachtungen von al Biruni in einem Werk über die Astrolabien, Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften LXI.” *Sitzungsberichte der physikalisch-medizinischen Sozietät in Erlangen* 52-53, pp. 97-121.