

تاریخ علم، دوره ۱۷، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۸، ص ۱۸۷-۲۱۴

## معرفی رساله فی الآلات العجیبة اثر عبدالرحمن خازنی

رضا کیانی موحد

کارشناس ارشد تاریخ علم، پژوهشکده تاریخ علم دانشگاه تهران

kiani.reza@ut.ac.ir

(دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۱۲، پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۸)

### چکیده

منجمان دست کم از سده نخست قبل از میلاد از ابزارهایی برای رصد اجرام آسمانی استفاده می کردند. ابزارهای این دوره عمدتاً برای تعیین زاویه میان دایره البروج و معدل النهار و تعیین لحظه ورود خورشید به اعتدالین استفاده می شدند. بطلمیوس از ابزارهایی مانند ذات الحلق، ذات الثقبین و ذات الشعبین نام برده است. در دوره اسلامی و ضمن انجام رصدهایی برای تدقیق گزارش های بطلمیوس، گزارش هایی از ساخت ابزارهای نجومی نو نیز به دست ما رسیده است، هرچند که بیشتر رساله های نوشته شده توسط مسلمانان مربوط به روش های ساخت و به کار بردن انواع گوناگون اسطرلاب هستند. رساله فی الآلات العجیبة، اثر عبدالرحمن خازنی، رساله کوچکی است که خازنی در آن به تشریح هفت ابزار رصدی مورد استفاده در زمان خویش پرداخته و روش های استفاده از آنها را آورده است و محاسباتی را که باید روی نتایج حاصل از این ابزارها انجام بشود، به صورت مدون و مشروح آورده است. در حال حاضر چهار نسخه خطی شناخته شده از این رساله در کتابخانه های مجلس شورای اسلامی، مدرسه سپهسالار، مغنیه و دانشگاه استانبول وجود دارند. مقاله پیش رو ضمن معرفی رساله مذکور، محتوای علمی آن را مورد بررسی قرار می دهد.

کلیدواژه ها: ابزارهای رصدی، ذات الثقبین، ذات الشعبین، عبدالرحمن خازنی، مجسطی، نجوم دوره اسلامی.

#### مقدمه

می‌توان رصدخانه را نهادی علمی دانست که محصول ورود نجوم به تمدن اسلامی است. در نجوم دوره یونانی و یونانی مآبی منجمان بیشتر بر فعالیت‌های فردی تکیه داشتند و اطلاعات مورد نیاز خود را از ابزارهای رصدی نسبتاً ساده به دست می‌آوردند. با ورود نجوم به جهان اسلام، جنبه‌های عملی آن مورد توجه ویژه قرار گرفت. مواردی مانند تعیین قبله، ناوبری، تعیین اوقات شرعی و تنظیم تقویم از اهمیت خاصی در این دوره برخوردار بودند. پس از مدتی، با آنکه منجمان مسلمان هسته نظری نجوم یونانی را دست نخورده نگه داشتند، تغییراتی در روش‌های عملی یونانیان دادند. اول اینکه مسلمانان تحقیقات نجومی را از یک فعالیت فردی به یک کار گروهی بدل کردند که اغلب تعداد زیادی منجم و ریاضی‌دان را مشغول می‌کرد. عموماً این گونه فعالیت‌ها توسط خلفا، شاهان و امرا سازماندهی می‌شد و اطلاعات به دست آمده از چنین فعالیت‌هایی به منظور اصلاح تقویم و موارد مشابه به کار گرفته می‌شد. گاهی نیز فعالیت‌های گروهی نجومی به طور مستقل توسط خود منجمان انجام می‌شد. به عنوان نمونه ای از مورد اول می‌توان به اندازه‌گیری شعاع زمین در دوره مأمون (بیرونی، ص ۱۸۶) و به عنوان نمونه‌ای از مورد دوم می‌توان به رصد هم‌زمان ماه گرفتگی توسط بیرونی و بوزجانی برای به دست آوردن اختلاف طول جغرافیایی بغداد و مرو اشاره کرد (بیرونی، ص ۲۱۸).

دومین تفاوت مسلمانان با پیشینیان در رویکرد به نجوم در حوزه ساخت ابزارهای رصدی بود. مسلمانان ساخت ابزارهای رصدی را از یونانی‌ها فراگرفتند اما با توجه به این نکته که دانش نجوم با ابعاد بزرگ و در نتیجه زوایای بسیار کوچک، سر و کار دارد؛ شروع به ساختن ابزارهای بزرگی کردند که بتوانند با آنها زوایای کوچک را با دقت بیشتری اندازه‌گیری کنند. ساخت چنین ابزارهایی نیاز به سرمایه، نیروی کار، مصالح و مقدماتی داشت که تهیه و تأمین آنها از عهده یک شخص و یا حتی یک گروه از دانشمندان خارج بود. به همین دلیل ساختن چنین تجهیزاتی نیازمند کمک‌های مستقیم و غیرمستقیم شاهان، امرا و اشراف بود (صایلی، ۱ ص ۱۲۱). بدین ترتیب هسته اولیه رصدخانه‌های دوره اسلامی شکل گرفت.

با توجه به دو مورد بالا، منجمان مسلمان در طی چندین قرن داده‌های رصدی بسیاری گردآوری کردند. بیشتر نتایج این رصدها در زیج‌های به‌جا مانده از دوره اسلامی باقی مانده‌اند. سنت زیج‌نویسی را می‌توان در ادامه سنت نجوم یونان، هند و ایران دانست (کینگ، ص ۱۵۱). در زیج‌ها اطلاعاتی برای محاسبه موقعیت ستارگان و سیارات، پیش‌بینی گرفت‌های ماه و خورشید، پیش‌بینی مقابله‌ها و مقارنه‌ها، سالنامه اقوام مختلف، جداولی از توابع مثلثاتی و مطالبی از این دست می‌آمدند (همان‌جا).

هر چند از مجموع رساله‌ها و کتاب‌های باقی‌مانده از سنت نجومی دوره اسلامی می‌توان تصویر نسبتاً خوبی از دانش نجومی مسلمانان به‌دست آورد اما رساله‌هایی که در آنها روش ساخت ابزار رصدی به تفصیل نوشته شده باشد - به جز رساله‌هایی که در باره روش کار با اسطرلاب نوشته شده‌اند که تعداد آنها نیز قابل توجه است - اندک هستند. احتمالاً مشهورترین این رساله‌ها، رساله فی کیفیت الإرصاء نوشته مؤیدالدین عرّضی (در گذشته در ۶۶۴ق) است که در باره روش ساخت ابزار به‌کار رفته در رصدخانه مراغه نوشته شده است.

رساله فی الآلات العجیبة نوشته عبدالرحمن خازنی (شهرت در سده ششم هجری)، شاید از معدود نوشته‌هایی است که انواع گوناگونی از ابزارهای رصدی در آن معرفی شده‌اند و در باره روش کار با آنها توضیح داده شده است. این رساله می‌تواند تا حدودی خلاصه اطلاعاتی ما را در باره ابزارهای رصدی در دوره اسلامی تا پیش از تألیف رساله عرّضی پرکند. در این رساله روش ساخت یا استفاده از هفت ابزار رصدی تشریح شده است که به ترتیب عبارتند از: ذات الشعبتین، ذات الثقبیتین، ذات المثلث، ربع، آینه، اسطرلاب و ابزارهای ساده کاربردی<sup>۱</sup>. در اینجا ضمن معرفی نسخه‌های موجود از این رساله، فصل‌های آن را، به جز فصل اسطرلاب که رساله‌های مشابه بسیاری در باره آن وجود دارد، بررسی خواهیم کرد.

#### نسخه‌های موجود از رساله فی الآلات العجیبة

رساله فی الآلات العجیبة خازنی، بر خلاف کتاب میزان الحکمة او که بسیار مشهور است، اثر چندین شناخته شده‌ای نیست و نسخه‌های متعددی نیز از آن وجود ندارد. فؤاد سرگین پیش‌تر در مقدمه چاپ تصویری مجموعه AY-314 کتابخانه دانشگاه استانبول

---

۱. أشياء سهلة الوجود

۱۹۰ / تاریخ علم، دوره ۱۷، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۸

که این نسخه نیز از نسخه‌های موجود در آن مجموعه است، نسخه آن را منحصر به فرد دانسته بود اما تا به امروز سه نسخه دیگر از این رساله شناسایی شده است که عبارتند از:

۱. نسخه شماره AY-314 کتابخانه دانشگاه استانبول که در شماره ۶۶ از مجموعه منشورات چاپ تصویری مؤسسه مطالعات اسلامی فرانکفورت منتشر شده است (نک: منابع، خازنی، ۲۰۰۱م).

۲. نسخه شماره ۶۴۱۲/۲ کتابخانه مجلس شورای اسلامی. تصویر این نسخه با شماره ۴۶۱۸/۳-ف در کتابخانه دانشگاه تهران موجود است (درایتی، ص ۲۳۵-۲۳۶).

۳. نسخه شماره ۶۸۱/۱ کتابخانه مدرسه سپهسالار (دانشگاه شهید مطهری) که تصویر این نسخه نیز با شماره ۳۲۲۸-ف در کتابخانه دانشگاه تهران موجود است (درایتی، ص ۲۳۵).

۴. نسخه کتابخانه مغنیه به شماره ثبت ۱۰۶۵۹۱/۴.

#### ساختار رساله

رساله فی الآلات العجیبه با یک خطبه کوتاه آغاز می‌شود و مشتمل بر هفت مقاله اصلی و یک ضمیمه است. خازنی در چهار مقاله ابتدایی به معرفی ابزار رصدی، روش ساخت و استفاده از آنها پرداخته است و در سه مقاله پایانی به شرح روش‌هایی برای به دست آوردن فاصله و ارتفاع و جز آن از طریق به کار بردن اسطرلاب، آینه و برخی ابزارهای ساده دیگر پرداخته است. چهار مقاله اول رساله هر یک به سه قسمت تقسیم می‌شوند. در قسمت اول هر مقاله روش ساخت یک ابزار رصدی توصیف می‌شود، در قسمت دوم روش استفاده از آن ابزار برای به دست آوردن مقدارهای نجومی یا به دست آوردن فاصله‌های زمینی<sup>۲</sup> آمده است و در قسمت سوم برهان‌های ریاضی و استدلال‌های هندسی در باره روش‌های تشریح شده در قسمت دوم ارائه می‌شود. هر یک از این قسمت

۱. این رساله با نام «رساله‌ای در هندسه» در کتابخانه مغنیه به آدرس اینترنتی زیر ثبت شده است:

<http://yazmalar.gov.tr/eser/risaletul-handese/25909>

در اینجا لازم است از آقای سجاد نیک‌فهم خوب‌روان که این نسخه را به بنده معرفی کردند تشکر کنم.

۲. یعنی کاربرد آنها در مساحی، معماری و مواردی این چنین برای اندازه‌گیری طول، ارتفاع، عمق و جز آن.

ها خود به دو یا چند باب نیز تقسیم شده‌اند و هر یک از باب‌ها نیز ممکن است به چند فصل تقسیم بشوند. تعداد باب‌ها و فصل‌های قسمت‌های دوم و سوم در اغلب موارد برابر هستند و به ازای هر کدام از فصل‌های ارائه شده در قسمت دوم، یک فصل در قسمت سوم آمده است که با عرضه استدلال‌های هندسی فهم عملیات ریاضی ارائه شده را در فصل‌های قسمت دوم ممکن می‌کند. پس از مقاله هفتم ضمیمه‌ای نیز با موضوع روش تخمین فاصله و تعداد نفرات سپاهیان دشمن در میدان نبرد و برخی موارد نظامی دیگر آمده است.

چهار مقاله نخست که در آنها روش ساخت و استفاده از چهار ابزار نجومی آمده است به ترتیب به ابزارهای ذات الشعبتین، ذات الثقبیتین، ذات المثلث و ربع اختصاص دارند و سه مقاله بعدی در باره کار با اسطرلاب، آینه و ابزارهای ساده است. در این مقاله، فصل اسطرلاب با توجه به مشابهت آن با دیگر رساله‌های اسطرلاب حذف شده است و در ادامه در باره شش فصل باقی مانده سخن گفته خواهد شد.

#### ذات الشعبتین

بطلمیوس در فصل دوازدهم از مقاله پنجم مجسطی، خود را مبدع ابزار رصدی معرفی می‌کند که در دوره اسلامی آن را به نام ذات الشعبتین می‌خواندند. او نام خاصی بر این ابزار نمی‌گذارد و علت ابداع آن را نیاز به اندازه‌گیری اختلاف منظر ماه می‌داند (بطلمیوس، ۲ ص ۲۴۴). ذات الشعبتین بطلمیوس از دو بازو، هر کدام به طول دست کم چهار ذرع [حدود ۴۵ سانتیمتر]، تشکیل شده است. یکی از بازوها عمود بر زمین و صفحه افق نصب می‌شود و بازوی دیگر در بالای بازوی اول به آن لولا می‌شود. بازوی دوم می‌تواند آزادانه حول محورش و در صفحه نصف‌النهار بگردد. روی هر یک از بازوها خط‌کشی مدرج در راستای طول نصب می‌شود که بر اساس اجزاء تقسیم شعاع معمولاً به ۶۰ قسمت مساوی تقسیم شده‌اند. بر ابتدا و انتهای بازوی متحرک دو لنبه

۱. اختلاف منظر عبارت است از جابه‌جا شدن ظاهری یک شیء نسبت به زمینه‌اش که به دلیل جابه‌جا شدن ناظر یا منظر روی می‌دهد. با این حساب همه اجرام آسمانی اختلاف منظر دارند اما نزد گذشتگان این مقدار فقط برای ماه در نظر گرفته می‌شده است. در نجوم گذشته اختلاف منظر را زاویه‌ای در نظر می‌گرفتند که به سبب اختلاف افق ناظر (افق حسی) و خط افقی که از مرکز زمین می‌گذرد (افق حقیقی) پدید می‌آید. هر چه جسمی به زمین نزدیک‌تر باشد، اختلاف منظر آن بیشتر است و می‌باید در برخی محاسبات آن را به‌کار گرفت. منجمان گذشته برای این منظور اختلاف منظر ماه را رصد می‌کردند.

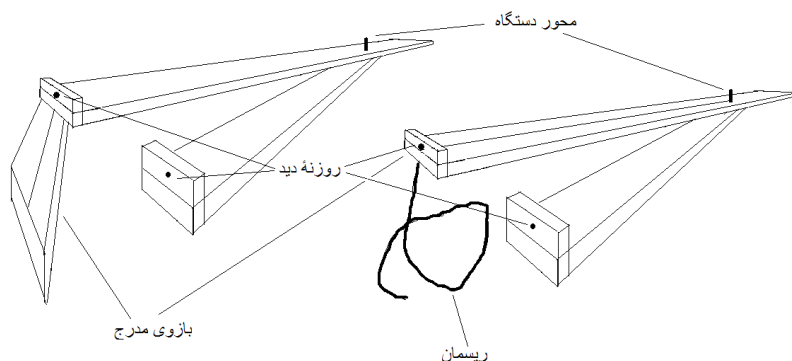
سوراخ‌دار برای نشانه رفتن به سوی ماه نصب شده‌اند (بطلمیوس، ص ۲۴۴-۲۴۶). در انتهای پایینی بازوی ثابت یک بازوی دیگر لولا شده که آن هم می‌تواند آزادانه بگردد و به وسیله آن فاصله میان انتهای هر دو بازوی اصلی ابزار در هنگام رصد کردن ماه اندازه‌گیری می‌شود. با توجه به اینکه بازوهای اصلی به ۶۰ قسمت مساوی تقسیم شده‌اند، با اندازه‌گیری فاصله انتهای آنها، برحسب درجه‌بندی بازوهای اصلی و با کمک جدول، می‌توان زاویه میان بازوهای اصلی را به دست آورد. در یک نقاشی خیالی از بطلمیوس که در یکی از رساله‌های اورنس فینه<sup>۱</sup> (درگذشته در ۱۵۵۵م) رسم شده است می‌توان تصویری از نحوه کار با ذات الشعبتین به دست آورد.



تصویر ۱. تصویر خیالی از بطلمیوس در حال کار با ذات الشعبتین (فینه، ص ۸۴)

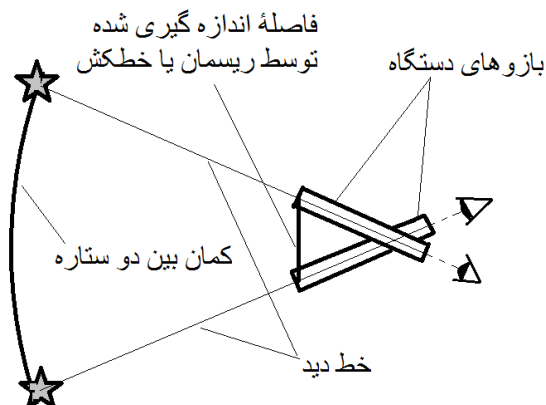
عبدالرحمن خازنی در رساله خود دو ابزار مشابه با دستگاه بطلمیوس معرفی می‌کند و یکی از آنها را ذات الشعبتین و دیگری را ذات المسطرتین می‌نامد (تصویر ۲). ذات الشعبتین خازنی از نظر ظاهری شبیه ذات الشعبتین بطلمیوس است ولی ذات المسطرتین خازنی به جای بازوی سوم ریسمانی دارد که اندازه‌گیری مقدار گشودگی بازوها توسط آن انجام می‌شود. وی این دو دستگاه را در کاربرد یکسان می‌داند.

1. Oronce Finé (Orontius Fineusa)



تصویر ۲. ذات المسطرتین خازنی (سمت راست) و ذات الشعبتین خازنی (سمت چپ)

کاربرد این ابزارها اندازه‌گیری زاویه میان دو جرم سماوی است. بدین منظور خازنی از هر دو بازو برای رصد استفاده می‌کند. به همین دلیل باید یک لینه سوراخ‌دار در محل اتصال دو بازو و دو لینه در انتهای هر یک از بازوها نصب کرد تا بتوان هر یک از بازوها را به سمت یکی از اجرام سماوی نشانه روی کرد. با اندازه‌گیری گشودگی میان دو بازو، زاویه میان دو جرم از روی جدول وترها و کمان‌ها به دست می‌آید (تصویر ۳).



تصویر ۳. اندازه‌گیری کمان میان دو جرم آسمانی توسط ذات الشعبتین یا ذات المسطرتین

خازنی مثال‌هایی از به‌کار بردن ذات الشعبتین در مساحی و معماری نیز آورده است و این می‌تواند این فرض را قوت ببخشد که احتمالاً برای این دست کاربردها ابزارهایی در اندازه کوچک‌تر که قابل حمل باشند ساخته می‌شده‌اند. نمونه بازسازی شده ذات

الشعبتین رصدخانه مراغه نمونه‌ای از این ابزار در کاربرد رصدخانه‌ای آن است. در این نمونه برای خواندن زوایا یک ربع جداری در کنار بازوها نصب شده است.



تصویر ۴. نمونه بازسازی شده ذات الشعبتین رصدخانه مراغه (سزگین، ۱ ص ۴۵)

بر خلاف ذات الشعبتین رصدخانه مراغه، که به سبب نصب در جهت نصف النهار احتمالاً تنها به منظور رصد اختلاف منظر ماه به کار می‌رفته است برخی نمونه‌های دیگر از ذات الشعبتین که در رصدخانه‌های دیگر به کار رفته‌اند می‌توانسته‌اند برای اندازه‌گیری مؤلفه‌های دیگری، مانند ارتفاع سیارات و ستارگان به کار بروند. برای نمونه ابزاری است که ساخت آن را به ابن سینا منتسب کرده‌اند و نیز ذات الشعبتین ساخته شده در رصدخانه استانبول (سزگین، ص ۵۶).

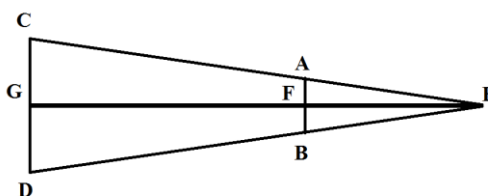




تصویر ۵. نمونه بازسازی شده از ذات الشقبین رصدخانه استانبول

#### ذات الشقبین

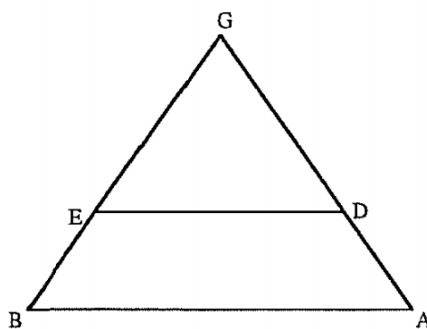
دستگاه رصدی ذات الشقبین دارای دو لینه سوراخ دار است که اولی ثابت و دومی متحرک است. لینه ثابت در ابتدای یک خط کش چوبی مستطیل شکل و لینه متحرک در میانه خط کش نصب شده‌اند. طول خط کش را می‌توان بر اساس هر واحد دلخواهی درجه بندی کرد اما باید به خاطر داشت که قطر داخلی سوراخ لینه متحرک باید با واحدی که برای درجه بندی خط کش انتخاب می‌شود برابر باشد. ناظر باید از روزنه دید لینه ثابت (E) نگاه کند و لینه متحرک را آن قدر جلو و عقب ببرد تا بتواند بی کم و کاست قطر جسم (CD) را مماس بر لینه داخلی روزنه دوم (AB) ببیند (تصویر ۶). با خواندن درجه ابزار (EF) و معلوم بودن AB و استفاده از روابط هندسی می‌توان فاصله ناظر تا جسم (FG) یا قطر آن (CD) را به دست آورد.



تصویر ۶. نمودار هندسی ساده شده ذات الشقبین

به نظر می‌رسد برهان این عملیات را بتوانیم در قضیه ۲۲ از رساله مناظر اقلیدس بیابیم (خیراندیش، ۱ ج ۱، ص ۶۶-۶۹). در آنجا اقلیدس روش به دست آوردن طول یک جسم را به صورت غیرمستقیم شرح می‌دهد. در تصویر ۷ اگر نقطه G چشم ناظر و AB طول جسم مورد نظر باشند و بتوانیم خط DE را در نزدیکی چشم ناظر و به موازات AB رسم کنیم، با در دست داشتن طول DE، AG و GD می‌توانیم طول/ارتفاع AB را از طریق تشابه مثلث‌های GED و GAB به دست آوریم:

$$AB = \frac{AG \times GE}{GD}$$



تصویر ۷. اصول هندسی کارکرد ذات الثقبین

خازنی در این رساله از مبدع ذات الثقبین نام نبرده است اما بیشتر نویسندگان دوره اسلامی آن را به هیپارخوس، منجم یونانی مشهور در سده دوم پیش از میلاد، منتسب کرده‌اند. عرضی در رساله خود می‌نویسد که بطلمیوس نیز از این ابزار نام برده است و ساخت آن را به هیپارخوس نسبت داده است (تکلی، ۲، ۲۰۰۷، ص ۲۶؛ بطلمیوس، ص ۲۵۲). بطلمیوس این ابزار را «دیوپترا»<sup>۳</sup> می‌نامد. دیوپترا نام عمومی مجموعه‌ای از ابزارهای اندازه‌گیری است که یونانی‌ها در نقشه‌برداری و معماری به کار می‌گرفتند هرودت اسکندرانی<sup>۴</sup> (مشهور در سده اول میلادی) در رساله‌ای با عنوان دیوپترا، انواع گوناگون این ابزار را توضیح می‌دهد (لوئیس، ۵، ص ۵۴-۵۵). ساده‌ترین نوع دیوپترا

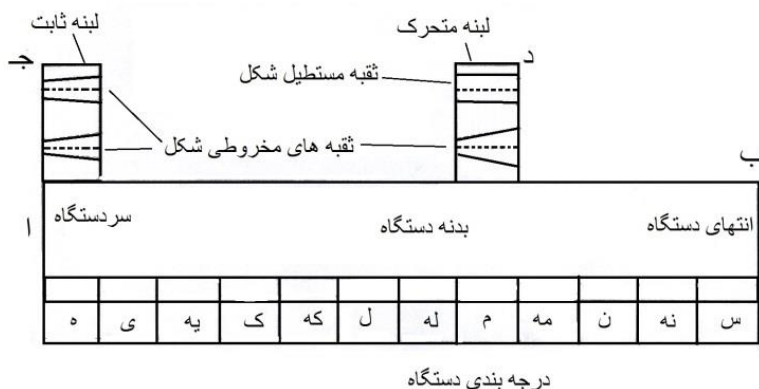
---

1. Kheirandish, Elaheh  
2. Tekeli  
3. Dioptra  
4. Heron of Alexandria  
5. Lewis, M.J.T

معرفی رساله فی الآلات العجیبة اثر عبدالرحمن خازنی / ۱۹۷

همان است که بطلمیوس ابداع آن را به هیپارخوس نسبت داده است و در دوره اسلامی ذات الثقبیتین نام گرفت.

مؤیدالدین عرُضی در رساله اش روش ساخت ذات الثقبیتین را شرح می دهد (تکلی، همان، ص ۲۶-۳۲) و ادعا می کند که این ابزار مشابه با ذات الثقبیتین بطلمیوس است. اگر ادعای عرضی را، در باب شباهت ابزارش به ذات الثقبیتین بطلمیوس، بپذیریم می توانیم ذات الثقبیتین خازنی را نیز مشابه با ذات الثقبیتین بطلمیوس بدانیم. تفاوت ابزار خازنی با ابزار عرضی در این است که خازنی دو روزنه دید چهارگوش به لبه های ابزار اضافه کرده است تا علاوه بر رصد اجرام آسمانی آن را برای مساحی نیز به کار ببرد (تصویر ۸).



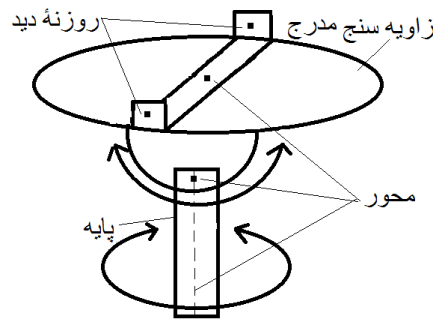
تصویر ۸. ذات الثقبیتین خازنی

#### ذات المثلث

ذات المثلث را می توان بدیع ترین ابزار رصدی رساله خازنی دانست. ابزارهای اندازه گیری مشابه با ذات المثلث از حدود قرن سوم ق.م در یونان استفاده می شده اند و همان طور که در بالا اشاره شد آنها را در یونان و روم باستان با نام عمومی دیوپترا می شناختند.

هرون انواع مختلف دیوپترا را، که تا زمان او توسعه یافته بودند، ناکارآمد و ساده می داند و نمونه جدیدتر و پیچیده تری از دیوپترا معرفی می کند. وی ادعا می کند که دیوپترایی که خودش طراحی کرده می تواند تمام وظایفی را که قبلاً بر عهده دیوپترهای گوناگون بودند بر عهده بگیرد (لویس، ص ۵۴). این دیوپترا می توانست به عنوان تراز،

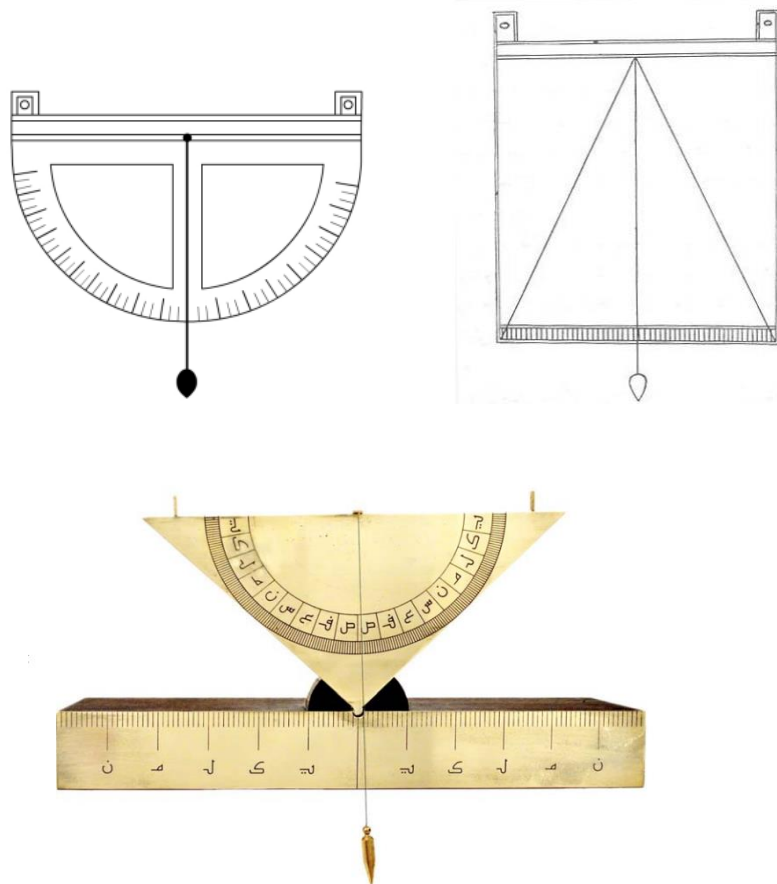
فاصله‌یاب و زاویه‌یاب به کار گرفته شود (همو، ص ۸۸) و به صورت عمودی یا افقی مورد استفاده قرار بگیرد (تصویر ۹).



تصویر ۹. یک نمودار ساده از دیوپترای هرون

از ورود دیوپترا به تمدن اسلامی اطلاعات چندانی در دست نداریم. شاید علت این فقدان اطلاعات در این باشد که اعراب واژه معادلی برای دیوپترا نیافتند و در ترجمه رساله‌های یونانی به عربی آن را با نام عمومی «اسطرلاب» ترجمه کردند (لویس، ص ۵۰).

اولین اشاره به دیوپترا در تمدن اسلامی را می‌توانیم در کتاب استخراج آب‌های پنهانی ابوبکر کرجی (مشهور در نیمه نخست سده ۵ق) بیابیم (همو، ص ۶۲). او به چند نوع تراز اشاره می‌کند که شباهت بسیاری به دیوپترا دارند. اولین تراز، که کرجی آن را «تراز شاقولی» می‌نامد، در حقیقت معادل قاعده ابزار ذات المثلث خازنی است که بر روی آن یک مثلث و در رأس مثلث یک شاقول نصب شده باشد. درجه‌بندی قاعده مثلث این اجازه را می‌دهد تا نقشه بردار بتواند شیب مورد نظر خود را اندازه‌گیری کند. کرجی در ادامه کتابش به تراز دیگری اشاره می‌کند که آن نیز بسیار به ذات المثلث شبیه است. این تراز «تراز شاقولی با صفحه نیم دایره» نام دارد. ترکیب این دو تراز کرجی با هم در یک ابزار، ابزاری شبیه ذات المثلث خازنی را به دست خواهد داد (رحیمی، ص ۷۴، ۷۷).



تصویره ۱. بالا، ترازهای کرجی؛ دست راست، تراز شاقولی و دست چپ، تراز شاقولی با صفحه نیم دایره (رحیمی، ص ۷۴، ۷۷) پایین، نمونه بازسازی شده از ذات المثلث (سزگین، ص ۱۴۷)

بر اساس توضیحات خازنی ذات المثلث از دو قسمت اصلی تشکیل شده است: مثلث و قاعده. مثلث دارای یک نیم دایره درجه بندی شده است که به مرکز آن شاقولی وصل شده است. با تراز کردن قاعده در سطح افق و نشانه روی از طریق روزنه های دید نصب شده در بالای مثلث می توان ارتفاع اجرام آسمانی را به وسیله ریسمان شاقول بر روی درجه بندی نیم دایره خواند.

ذات المثلث خازنی، بر خلاف ترازهای کرجی، نه تنها می‌تواند به‌عنوان تراز یا شیب سنج<sup>۱</sup> به‌کار گرفته شود بلکه می‌توان آن را به منظور به‌دست آوردن ارتفاع اشیاء دور دست نیز به‌کار برد. خازنی در رساله‌اش روش‌های اندازه‌گیری فاصله و ارتفاع و محاسبات مربوط به آنها را به‌تفصیل توضیح داده است. آنچه ارزش معرفی این ابزار را در رساله خازنی بیشتر می‌کند آن است که تقریباً در هیچ رساله دیگری از این ابزار نام برده نشده است او می‌نویسد که بیرونی در کتاب تحدید نهایات الأماكن به‌طور خلاصه به چنین ابزاری اشاره کرده است. هر چند که بیرونی برای اندازه‌گیری ارتفاع کوه‌ها ابزاری معرفی می‌کند که بی‌شبهت به ذات المثلث نیست (بیرونی، ص ۱۹۰-۱۹۵) اما به‌صورت مستقیم از ذات المثلث نام نبرده است. احتمال دارد که خازنی خود دیوپترا را به‌عنوان یک ابزار رصدی احیا کرده باشد و یا اینکه در دوران خازنی این ابزار رصدی توسط منجمان معاصر خازنی احیا و پس از مدتی دوباره به فراموشی سپرده شده باشد.

#### ربع

ربع، زاویه سنجی است که می‌تواند زوایا را تا حداکثر ۹۰ درجه اندازه‌گیری کند. ساخت ابزار رصدی ربع، مانند بسیاری دیگر از ابزارهای رصدی، به بطلمیوس نسبت داده می‌شود. وی در مجسطی به نوعی ابزار اندازه‌گیری اشاره می‌کند که از نصب یک صفحه مدرج و یک میله بر روی دیواری که در جهت شمال-جنوب قرار دارد، ساخته شده است و برای اندازه‌گیری ارتفاع خورشید در هنگام ظهر کاربرد دارد (ص ۶۲-۶۳). بطلمیوس نامی برای ابزارش انتخاب نکرده بود اما در نجوم دوره اسلامی این گونه ابزارها را «لبنه» یا «ربع دیواری» نامیدند (سزگین، ص ۶۷) و در رصدخانه‌های بزرگ دوره اسلامی نمونه‌هایی از آن ساخته شد.<sup>۲</sup>

به نظر می‌رسد منجمان مسلمان با الگوگیری از اسطرلاب ربع‌هایی کوچک و قابل حمل ساختند. جنس این ربع‌ها مانند اسطرلاب، از برنج یا مس است و با رسم نمودارها و منحنی‌هایی بر روی آنها امکان این که مانند اسطرلاب برای محاسبات نجومی و زمان سنجی به‌کار گرفته شوند فراهم می‌شد (کینگ، ص ۱۶۷). ربع خازنی نیز گونه‌ای از

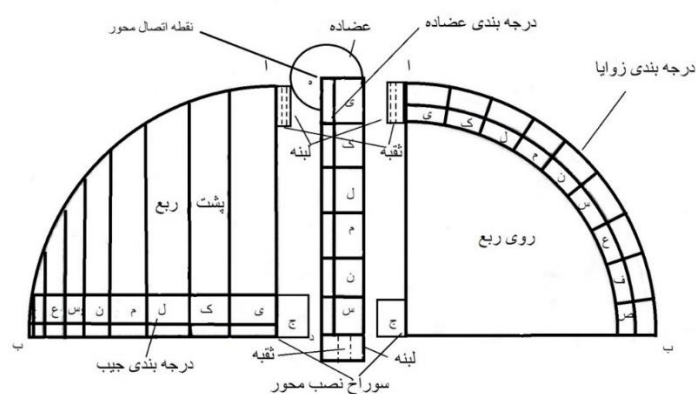
---

1. clinometer

۲. البته رصدگران مسلمان به تجربه دریافتند که به‌جای ساخت یک چهارم دایره می‌توانند از یک ششم دایره استفاده کنند و از این بابت موفق شدند این ابزار را در اندازه‌های بزرگ‌تری بسازند. برای مثال سُدس رصدخانه سمرقند که در نیمه نخست سده ۹ ق ساخته شد قوسی از دایره‌ای به شعاع ۲۰ متر است.

معرفی رساله فی الآلات العجیبه اثر عبدالرحمن خازنی / ۲۰۱

این ربع‌های دستی است. در زمان استفاده یکی از اضلاع ربع خازنی در راستای افق و ضلع دیگرش عمود بر زمین و در راستای سمت الرأس قرار می‌گیرد. ناظر باید برای اندازه‌گیری زوایا از عضاده‌ای که در گوشه ربع لولا شده است استفاده کند. ربع خازنی علاوه بر زاویه جرم سماوی می‌تواند سینوس آن زاویه را نیز به دست دهد. شبکه‌ای از خطوط عمودی رسم شده بر پشت ابزار به ناظر اجازه می‌دهند تا سینوس زاویه‌ای را که توسط عضاده می‌بیند مستقیماً و بدون نیاز به محاسبات ریاضی به دست آورد (تصویر ۱۱). ربع‌هایی که توانایی به دست دادن مستقیم سینوس زاویه را داشته باشند در دوره اسلامی «ربع مُجیب» می‌نامیدند.



تصویر ۱۱. ربع خازنی

خازنی کاربردهای دیگری را از ربع به عنوان ابزار اندازه‌گیری در معماری و مساحی عنوان می‌کند که نشان می‌دهد احتمالاً در زمان او ربع‌های دستی به صورت گسترده‌ای در معماری و نقشه برداری به کار گرفته می‌شدند.

آینه

از رساله خازنی بر می‌آید که استفاده از آینه، به عنوان ابزاری برای اندازه‌گیری فاصله، سابقه‌ای طولانی داشته است. هر چند که خازنی اشاره‌ای به کتاب مناظر اقلیدس نکرده است اما می‌دانیم که در این کتاب قضیه‌ای برای به دست آوردن فاصله با استفاده از آینه آورده شده است و احتمالاً خازنی از آن استفاده کرده است.

خازنی در رساله‌اش قضیه بیستم از مناظر را عیناً نقل می‌کند و اثبات هندسی آن را می‌آورد. وی در ادامه روشی را ارائه می‌کند تا اگر فاصله جسم تا ناظر غیرقابل اندازه

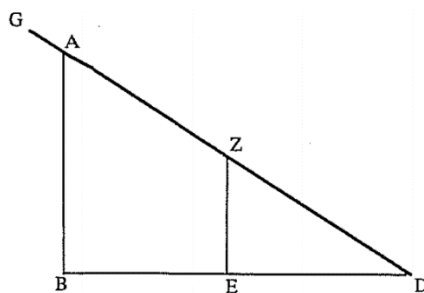
گیری باشد، مثلاً جسم مورد نظر در آن سوی رودخانه باشد، اندازه‌گیری با استفاده از دو آینه انجام شود. در این مورد، هم فاصله آینه تا پای شیء مورد نظر به دست می‌آید و هم ارتفاع آن. خازنی در رساله‌اش توضیح نمی‌دهد که این روش‌ها را چگونه و از کجا فرا گرفته است.

#### ابزارهای ساده کاربردی

خازنی فصل هفتم رساله‌اش را به استفاده از وسایل ساده کاربردی برای اندازه‌گیری فاصله‌ها و ارتفاع اجسام اختصاص داده است. روش‌های او عمدتاً با مقایسه سایه جسم با سایه شاخصی که طول آن معلوم است انجام می‌شوند و در نتیجه اندازه‌گیری فاصله‌ها و ارتفاع اجسام به صورت غیرمستقیم انجام می‌شود.

اندازه‌گیری غیرمستقیم ارتفاع اشیاء و ساختمان‌های بلندمرتبه سابقه‌ای طولانی دارد. شاید بتوانیم اندازه‌گیری ارتفاع اهرام مصر را با مقایسه سایه آن با سایه یک شاخص با طول معلوم، که توسط تالس (قرن‌های ۶ و ۷ ق.م) صورت گرفت، قدیمی‌ترین مورد ثبت شده تاریخی در این حوزه بدانیم (هیث، ۱ ص ۸۹). اقلیدس در قضیه ۱۹ رساله مناظر خود روش تالس را برای اندازه‌گیری ارتفاع اجسام با استفاده از نور خورشید، بدون اشاره به نام تالس، تشریح و اثبات می‌کند (تصویر ۱۲: خیراندیش، ج ۱، ص ۵۶-۵۷):

$$AB = \frac{BD \times ZE}{ED}$$



تصویر ۱۲. اندازه‌گیری ارتفاع با کمک سایه یک شاخص

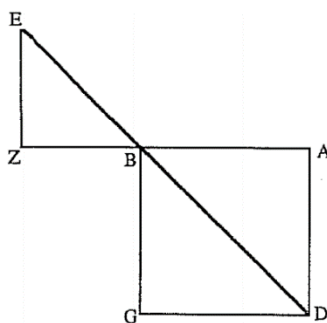


معرفی رساله فی الآلات العجیبة اثر عبدالرحمن خازنی / ۲۰۳

خازنی نیز در این رساله همین روش را معرفی می‌کند و اثبات آن را ارائه می‌دهد. گفته می‌شود که تالس با استفاده از روش غیرمستقیمی مشابه با روش بالا توانسته است فاصله یک کشتی تا خشکی را نیز محاسبه کند (هیث، ص ۸۹). خازنی نیز روشی را برای به دست آوردن عرض رودخانه به دست می‌دهد که بی‌شبهت به روش تالس برای اندازه‌گیری فاصله کشتی تا خشکی نیست.

معماران نیز نیازمند چنین روش‌های اندازه‌گیری غیرمستقیمی بودند. در بسیاری از موارد اندازه‌گیری مستقیم ارتفاع یک دیوار یا عمق چاه غیرممکن می‌نماید در حالی که یک معمار نیاز دارد تا این گونه اندازه‌ها را به دست آورد. اقلیدس در قضیه ۲۱ رساله مناظر خود روش غیرمستقیم دیگری را برای به دست آوردن عمق چاه‌ها معرفی می‌کند (تصویر ۱۳؛ خیراندیش، ج ۱، ص ۶۲-۶۵):

$$AD = \frac{AB \times ZE}{ZB}$$



تصویر ۱۳. اندازه‌گیری عمق چاه به صورت غیرمستقیم

خازنی روش اقلیدس را برای به دست آوردن عمق چاه بی‌کم و کاست در مقاله هفتم رساله‌اش توضیح می‌دهد و اثبات آن را نیز به دست می‌دهد.

با مطالعه رساله خازنی می‌توان دریافت که احتمالاً وی قصد داشته تا روش‌هایی را که در آن دوره برای اندازه‌گیری غیرمستقیم فاصله‌ها، ارتفاع و عمق رواج داشته‌اند جمع‌آوری کند. دقت در این روش‌ها می‌تواند تصویری از چگونگی عملکرد معماران و مهندسان دوران میانه بر ما روشن کند.

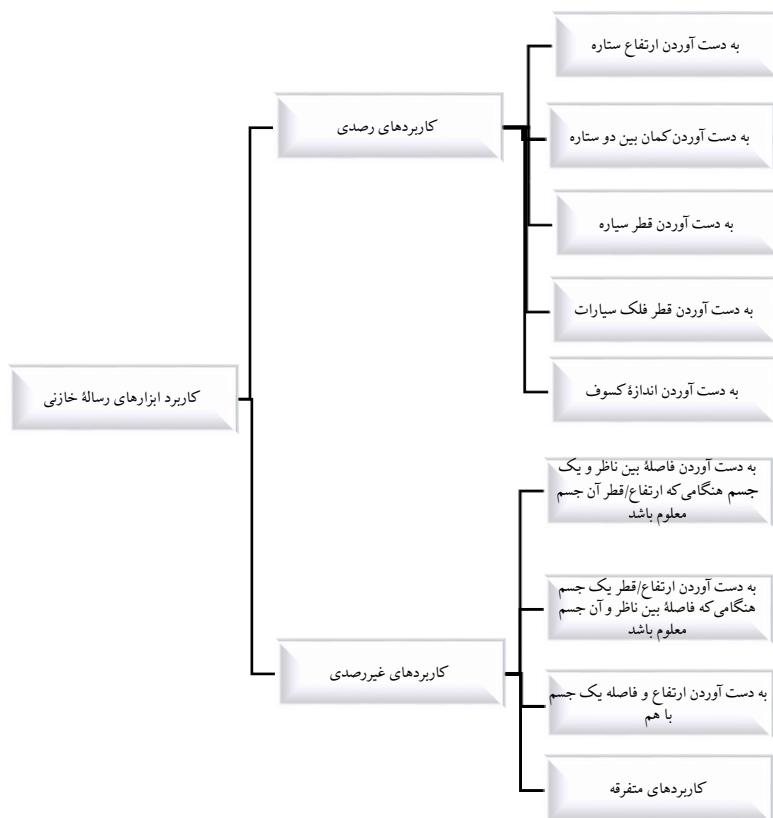
## کاربرد ابزارهای رساله خازنی

کاربردهای ابزارهای خازنی را می‌توان در دو مورد کلی خلاصه کرد:

### ۱- کاربرد رصدی

### ۲- کاربرد در مساحی و معماری

خازنی برای هر یک از این دو مورد چندین کاربرد فرعی نیز می‌آورد. خلاصه‌ای از کاربردهای ابزارهای رساله خازنی را می‌توان در نمودار زیر مشاهده کرد.



### کاربردهای رصدی ابزارهای رساله خازنی

کاربردهای اصلی ابزارهای رساله خازنی، به‌عنوان ابزار رصدی، تعیین کمان میان دو جرم سماوی و تعیین ارتفاع هر یک از آنها است. کاربردهای رصدی به چهار مقاله

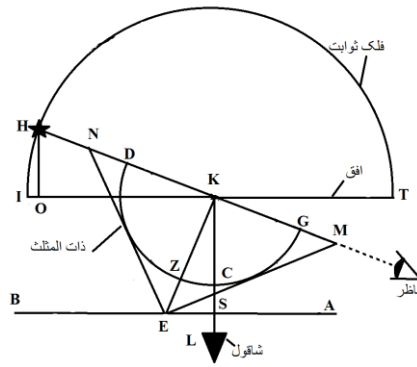
معرفی رساله فی الآلات العجیبة اثر عبدالرحمن خازنی / ۲۰۵

ابتدایی رساله محدود می‌شوند و می‌توانیم خلاصه آنها را در جدول ۱ مشاهده کنیم. خازنی هیچ کاربرد رصدی برای اسطرلاب نیاورده است.

جدول ۱. کاربردهای رصدی ابزارهای رساله خازنی

ابزارهای ساده کاربردی	آینه	اسطرلاب	ربع	ذات المثلث	ذات الثقبین	ذات الشعبین	
x	x	x	√	x	x	√	به‌دست آوردن کمان میان دو ستاره
x	x	x	x	√	x	x	به‌دست آوردن ارتفاع ستاره
x	x	x	x	x	√	x	به‌دست آوردن قطر فلک سیارات
x	x	x	x	x	√	x	به‌دست آوردن قطر سیاره
x	x	x	x	x	√	x	به‌دست آوردن اندازه کسوف

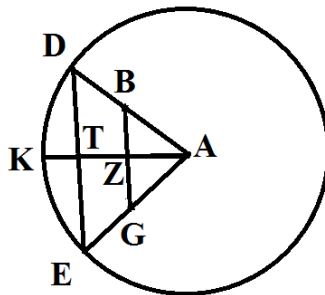
از میان پنج ابزار رصدی اصلی که خازنی در رساله‌اش از آنها یاد کرده است، ابزارهای ذات الشعبین و ربع برای تعیین کمان میان دو جرم سماوی به کار رفته‌اند. هرچند که ربع می‌تواند برای اندازه‌گیری ارتفاع آنها به کار برده شود اما خازنی تنها از ذات المثلث برای این کار استفاده می‌کند (تصویر ۱۴). احتمال دارد که خازنی دقت ذات المثلث را به اندازه‌ای می‌دانسته که برای به‌دست آوردن ارتفاع نیازی به ربع نمی‌دیده است.



تصویر ۱۴. استفاده از ذات المثلث برای به دست آوردن ارتفاع ستاره H

در دوره اسلامی محاسبات مربوط به اندازه های سماوی در یکی از زیرشاخه های علم نجوم صورت می گرفت که «ابعاد و اجرام» نام داشت. از رساله خازنی درمی یابیم که ذات الثقبین تنها ابزار رصدی بوده که در ابعاد و اجرام به کار گرفته می شده است. خازنی در مقاله دوم رساله اش توضیح می دهد که چگونه می توان با استفاده از ابزار ذات الثقبین قطر یک سیاره (DE) را، بر حسب قطر فلک ثوابت، به دست آورد. وی برای این امر رابطه زیر را ارائه می کند (تصویر ۱۵):

$$DE = \frac{60}{AB}$$



تصویر ۱۵. BG قطر روزنه دستگاه و برابر با یک، AB طول بازوی دستگاه، AD قطر فلک ثوابت (بر اساس حساب شصتگانی برابر با ۶۰) و A محل چشم ناظر است

البته با توجه به ساختار این ابزار، احتمالاً با آن تنها می توان قطر ماه را به دست آورد. بر اساس اندازه گیری های امروزی زهره نزدیک ترین سیاره به زمین است. زهره در

معرفی رساله فی الآلات العجیبة اثر عبدالرحمن خازنی / ۲۰۷

نزدیک‌ترین وضعیت در حدود ۴۲ میلیون کیلومتر با زمین فاصله دارد و قطر آن تقریباً ۱۲ هزار کیلومتر است. اگر اعداد فوق را در رابطه‌ای که خازنی برای به‌دست آوردن قطر سیارات توسط ذات الثقبین ارائه می‌کند بگذاریم و قطر روزنه دید را برابر با یک سانتیمتر فرض کنیم، برای اندازه‌گیری قطر تقریبی زهره طول بازوی ابزار باید برابر با ۳۵ متر باشد:

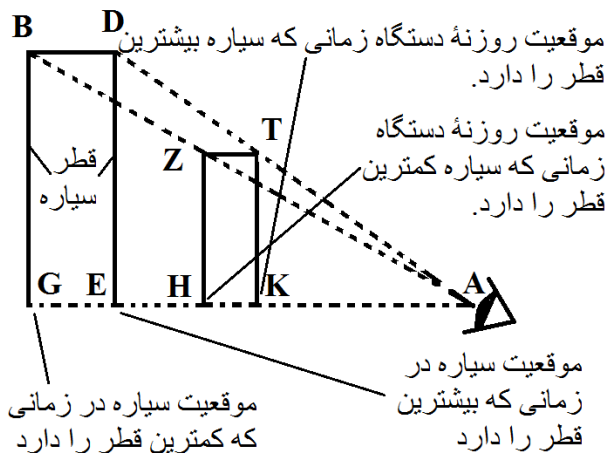
$$12 \times 10^3 = \frac{42 \times 10^6 \times 10^{-2}}{\text{طول بازو}} \rightarrow \text{طول بازو} = 35m$$

با تکرار همین محاسبات برای ماه داریم:

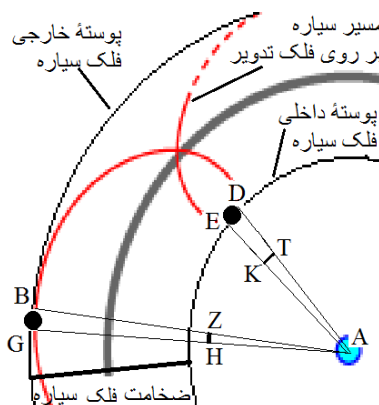
$$3.4 \times 10^3 = \frac{384 \times 10^3 \times 10^{-2}}{\text{طول بازو}} \rightarrow \text{طول بازو} = 1.13m$$

و بر این اساس طول بازوی ابزار ذات الثقبین برای اندازه‌گیری قطر ماه باید در حدود دو متر باشد. هرچند که با یک ذات الثقبین با این طول احتمالاً باید بتوان قطر ماه را به‌دست آورد اما در باره دقت این اندازه‌گیری نمی‌توان اظهار نظر کرد.

خازنی می‌گوید که برای به‌دست آوردن ضخامت فلک سیاره با استفاده از ابزار ذات الثقبین باید فاصله سیاره تا ناظر یک بار هنگامی که سیاره بیشترین قطر را دارد و بار دیگر هنگامی که سیاره کمترین قطر را دارد اندازه‌گیری شود (تصویرهای ۱۶ و ۱۷). با داشتن اختلاف بین این دو مقدار می‌توان ضخامت فلک سیاره را تعیین کرد. یکی از فواید به‌دست آوردن اندازه افلاک این است که می‌توان آنها را به ترتیب فاصله‌شان تا زمین مرتب کرد.



تصویر ۱۶. بر اساس روش خازنی قطر سیاره باید یک بار در زمانی که سیاره در نقطه G (نسبت به ناظر قرار دارد اندازه گیری شده و یکبار در زمانی که سیاره در نقطه E قرار دارد.



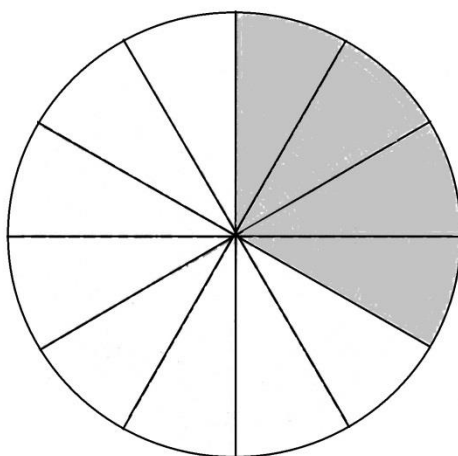
تصویر ۱۷. نموداری از تصویر ۱۶ بر اساس مدل سیارات بطلیمیوسی.

به دست آوردن اندازه کسوف از کاربردهای دیگر ابزار ذات الثقبین است. اندازه کسوف کمی است که در نجوم قدیم به وسیله آن می توانستند گرفتگی های جزئی را با یکدیگر مقایسه کنند. به منظور اندازه گیری این کمیت از دو روش بهره برده می شد و در هر دو روش از اصبع<sup>۲</sup> به عنوان واحد اندازه گیری استفاده می کردند. در روش اول محیط

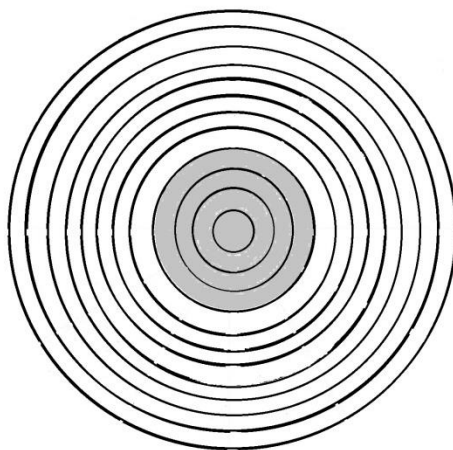
۱. این کمیت در کتاب های نجوم دوره اسلامی و همچنین رساله خازنی با نام «حد کسوف» ضبط شده است.  
 ۲. اصبع (به معنای انگشت) از واحدهای اندازه گیری کهن است که در ریاضیات، نجوم و موسیقی کاربرد داشته است. اصبع همچنین از واحدهای اندازه گیری طول بوده است.

معرفی رساله فی الآلات العجیبة اثر عبدالرحمن خازنی / ۲۰۹

دایره به ۱۲ کمان مساوی تقسیم می‌شد (تصویر ۱۸) و به هر مقدار که گرفتگی جزئی یکی از نیرین، یعنی ماه و خورشید، روی می‌داده آن مقدار را بر اساس کمانی از سایه که سطح خورشید یا ماه را می‌پوشانده می‌سنجیدند. با این روش اگر سایه نیمی از مساحت خورشید یا ماه را می‌پوشاند اندازه کسوف برابر با شش اصبع می‌شد. این کمیت اندازه کسوف جرمی نامیده می‌شد. در روش دوم قطر دایره به ۱۲ قسمت برابر و بنا بر این دایره به ۱۲ دایره متحدالمركز تقسیم می‌شد (تصویر ۱۹). پس از رسیدن گرفتگی به اوج خود، مقدار قطر سایه از روی دواير متحدالمركز اندازه‌گیری می‌شد و اندازه کسوف قطری بر حسب آن به دست می‌آمد. لازم به ذکر است که ذات الثقبین خازنی تنها می‌توانست اندازه کسوف قطری را اندازه‌گیری کند و خازنی به روش یا روش‌های اندازه‌گیری کسوف جرمی اشاره‌ای نکرده است.



تصویر ۱۸. تقسیم دایره با استفاده از خطوط متقاطع برای اندازه‌گیری اندازه کسوف جرمی. این شکل کسوف با اندازه چهار اصبع را نشان می‌دهد



تصویر ۱۹. تقسیم دایره به دوایر متحدالمركز برای اندازه‌گیری اندازه کسوف قطری. این شکل کسوف با اندازه چهار اصبع را نشان می‌دهد

#### کاربردهای غیررصدی ابزارهای رساله خازنی

با نگاه دقیق‌تری به متن رساله خازنی می‌توان نتیجه گرفت که خازنی کاربردهای نجومی محدودی برای ابزارها آورده است و بیشتر به استفاده از آنها در مساحی نظر داشته است. تعیین فاصله اجسام دور دست از مشکلاتی بوده که مهندسان و معماران از قدیم با آن دست و پنجه نرم کرده‌اند. در مواردی که دسترسی مستقیم به جسمی امکان‌پذیر نباشد استفاده از روابط هندسی، و در مرحله بعد روابط مثلثاتی، می‌تواند راهگشا باشد. اما روابط هندسی نیز بدون در دست داشتن زوایا و بعضی از اندازه‌ها چندان کارا نیستند. از همین روی ابزارهای معرفی شده در رساله خازنی را می‌توان برای به دست آوردن زوایا و به کارگیری آنها در روابط هندسی و مثلثاتی و در نهایت تعیین فاصله‌ها به کار برد. هر چند این دسته از کاربردها را می‌توان در حوزه‌های مختلفی مانند معماری، ناوبری، فنون نظامی و چیزهایی از این قبیل در نظر گرفت اما آنچه در رساله خازنی آمده است به معماری و مسائل مربوط به آن مرتبط است. کاربردهای غیر رصدی ابزارهای رساله خازنی را می‌توان در جدول ۲ خلاصه کرد:



جدول ۲. کاربردهای غیر رصدی ابزارهای رساله خازنی

ابزارهای ساده کاربردی	آینه	اسطرلاب	ربع	ذات المثلث	ذات الثقبین	ذات الشعبین	
√	√	√	√	√	√	√	به دست آوردن ارتفاع/ قطر یک جسم هنگامی که فاصله میان ناظر و آن جسم معلوم باشد
√	√	√	√	√	√	√	به دست آوردن فاصله میان ناظر و یک جسم هنگامی که ارتفاع/ قطر آن جسم معلوم باشد
√	√	√	√	√	√	√	به دست آوردن ارتفاع و فاصله یک جسم از ناظر به طور هم زمان
√	×	√	×	×	×	×	به دست آوردن عمق چاه
√	×	×	×	×	×	×	به دست آوردن عرض دیوار

خازنی برای حل مسائلی که در آنها ارتفاع یا قطر یک جسم مجهول و فاصله آنها تا ناظر معلوم است، و یا فاصله آن جسم تا ناظر مجهول و ارتفاع یا قطر جسم معلوم است از تشابه مثلثها بر اساس قضیه تالس استفاده می کند. می دانیم که اگر خط راستی موازی با یکی از ضلعهای مثلثی رسم شود، دو ضلع دیگر را به یک نسبت قطع می کند.<sup>۱</sup> بنا بر این با داشتن سه طرف از چنین تناسبی می توان طرف چهارم را به دست آورد. خازنی اندازه گیری با این ابزارها را طوری انجام می دهد که چنین تناسبی به دست آورد و مقدار مجهول را محاسبه کند.

خازنی برای هر یک از ابزارها روشی معرفی می کند که اگر ارتفاع یا قطر جسم مورد نظر و همچنین فاصله آن مجهول باشند بتوان هر دو را با هم به دست آورد. بدین منظور

۱. قضیه II/۶ از اصول اقلیدس

باید دو اندازه گیری در دو محل متفاوت انجام بشود و با اندازه گیری فاصله دو منظر و به کار بردن چند رابطه ریاضی می توان هم ارتفاع یا قطر جسم هم فاصله آن را تا ناظر به دست آورد. شرط رسیدن به جواب این است که هر دو محل انجام اندازه گیری با جسم مورد نظر در یک راستا و یک ارتفاع باشند.

### رساله های عرضی و کاشانی در باره ابزارهای رصدی

مؤیدالدین عرضی در باره روش های ساخت ابزارهای رصدخانه مراغه رساله مبسوطی دارد. او در رساله اش به ساخت ۱۱ ابزار رصدی اشاره می کند که البته یکی از آنها ابزاری است که پیش از رفتن به مراغه آن را ساخته بوده است (سزگین، ص ۳۸-۵۲). بر خلاف خازنی که تمرکزش بر ارائه روش های به کارگیری ابزارهای رصدی بود، عرضی به اینکه این ابزارها چگونه استفاده می شوند و کمیت های اندازه گیری شده توسط آنها چگونه به نسبت های هندسی، زوایا و یا فواصل تبدیل می شوند نمی پردازد. در عوض، عرضی به صورت کامل ساخت هر یک از ابزارهای رصدی را به صورت جزء به جزء و مرحله به مرحله شرح داده است. عرضی حتی مصالح به کار رفته در هر یک از ابزارها را توضیح می دهد. رساله عرضی برای کسانی که بخواهند ابزارهای رصدخانه مراغه را بازسازی کنند بهترین مرجع است. در مقابل، هرچند که خازنی روش های ساخت ابزارها را توضیح می دهد اما بیشتر برای کسانی مناسب است که دنبال این هستند که ابزارهای ساخته شده را به کار ببرند و از آنها برای حل مسائلشان استفاده کنند.

تفاوت دیگر ابزارهای عرضی و خازنی در این است که ابزارهای رصدی عرضی همگی ابزارهای بزرگی هستند که بر روی پایه نصب می شوند و اغلب آنها قابلیت جابه جایی ندارند. عرضی ابزارهایش را اختصاصاً برای رصد آسمان ساخته است و به کاربردهای احتمالی آنها در مساحی و معماری توجهی ندارد.

غیاث الدین جمشید کاشانی نیز رساله ای در باره ابزارهای رصدی نوشته است. در باره این که این رساله لزوماً معرفی ابزارهای رصدخانه سمرقند باشند نمی توان اظهار نظر دقیقی کرد چون کاشانی احتمالاً این رساله را پیش تر نوشته بوده است اما تقریباً همه این ابزارها در رصدخانه نیز به کار رفته اند. این رساله کوچک مشتمل بر معرفی هشت ابزار رصدی است (فقیه عبداللهی، ص ۲۸۹-۲۹۳). کاشانی، همانند عرضی، بر ساخت و نصب ابزارهای رصدی تمرکز کرده است و بر خلاف خازنی، در باره روش های محاسباتی مورد نیاز این ابزارها توضیحی نمی دهد. همچنین کاشانی نیز همچون عرضی

معرفی رساله فی الآلات العجیبة اثر عبدالرحمن خازنی/ ۲۱۳

تنها به کاربردهای رصدی این ابزارها توجه کرده است. مقایسه‌ای از ابزارهای رصدی ارائه شده در هر سه رساله در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. ابزارهای رصدی در رساله‌های خازنی، عرضی و کاشانی

	خازنی	عرضی	کاشانی
ذات الثقبین	✓	✓	✓
ذات الثقبین	✓	✓	×
ذات المثلث	✓	×	×
ربع	✓	i✓	ii✓
اسطرلاب	✓	×	×
آینه	✓	×	×
ابزارهای ساده کاربردی	✓	×	×
ذات الحلق	×	✓	iii✓
آلت معرفة ميل فلك البروج	×	✓	iv✓
حلقه الاستوا	×	✓	v✓
ذات الربعین	×	✓	vi✓
ذات الحجب و السمیت	×	✓	✓
ذات الحجب و السهم	×	✓	×
آلت کامله	×	✓	×
کره سماوی	×	✓	×

- i. عرضی در باره ربع جداری در رساله‌اش سخن گفته است؛
- ii. کاشانی در رساله‌اش سدس را به جای ربع معرفی کرده است؛
- iii. کاشانی علاوه بر ذات الحلق نمونه ساده‌تری از این ابزار را با نام ذات الحلق الصغیر معرفی کرده است؛
- iv. کاشانی این ابزار را با نام حلقه اعتدال معرفی کرده است؛
- v. کاشانی این ابزار را با نام حلقتان معرفی کرده است؛
- vi. کاشانی این ابزار را با نام ذات السمیت و الارتفاع معرفی کرده است.

### منابع

- بیرونی، ابوریحان. (۱۳۵۲ش). *تحدید نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن*. ترجمه احمد آرام. چاپ اول. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- خازنی. (۲۰۰۱م). *في الآلات العجيبة*. چاپ تصویری در منشورات معهد تاریخ العلوم العربية و الإسلامية سلسله ج عیون التراث. ج ۶۶، مجموعه رسائل عربیة فی علم الفلك و الرياضیات. فرانکفورت.
- درایتی، مصطفی. (۱۳۹۰ش). *فهرستگان نسخه‌های خطی ایران*. چاپ اول، تهران: سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران.
- رحیمی، غلامحسین. (پاییز و زمستان ۱۳۸۷ش). «ترازهای کرجی». *تاریخ علم*، شماره ۷، ص ۶۷-۹۲.
- فقیه عبداللهی، حسن. (بهار و تابستان ۱۳۷۴ش). «بررسی رساله شرح آلات رصد نوشته غیاث الدین جمشید کاشانی». *تحقیقات اسلامی*، شماره ۱ و ۲. ص ۲۷۷-۳۱۸.
- هیث، توماس ال. *اصول اقلیدس سیزده مقاله*. (۱۳۸۸ش). محمدهادی شفیعیها. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.
- Bennett, Jim A. (1998). "Quadrant," *Instruments of Science: an Historical Encyclopedia*. Edited by Robert Bud & Deborah Jean Warner. Nmsi Trading Ltd, Smithsonian Institution. pp. 501-503.
- Fineusa Orontius. (1544). *Orontii Finaei ... Quadratura circuli, tandem inuenta & clarissime demonstrata*. Available in Biblioteca de la Universidad de Sevilla, Retrieved from <https://archive.org/details/ARes352132/page/n75>.
- Kheirandish, E. (1998). *The Arabic Version of Elucid's Optics*. vol 1. New York City: Springer-Verlag.
- Lewis, M.J.T. (2004). *Surveying instruments of Greece & Rome*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ptolemy, C. (1984). *Ptolemy's Al-Magest*. Translated & Annotated by G.J. Toomer. London: Gerald Duckworth & Co.Ltd.
- Saili, A. (1960). *The Observatory in Islam*. Ankara: the Turkish Historical Society. [Reprinted in Fuat Sezgin, *Islamic Mathematics & Astronomy*, vol. 97, Frankfurt, 1998].
- \_\_\_\_\_. (1956). "Al-Khazini's Treatise on Astronomical Instruments." *Ankara Universitesi Dil ve Tarih-Cografya Fakultesi Derigisi*. vol.14. pp. 15-19.
- Sezgin, Fuat. (2010). *Science and Technology in Islam*. vol. II. Frankfurt: the Institute for the History of Arabic-Islamic.
- Tekeli, Sevim. (Jan 2007). "Al-Urdi's Article on "the quality of Observation". Foundation for science technology & civilization, Retrieved from <http://muslimheritage.com/article/al-urdis-article-quality-observation>.