

ابوریحان بیرونی و محاسبه محیط کره زمین

مطفر کاظمی زاد
دبیر آموزش و پرورش
میاندوآب

از میان ریاضی‌دان‌های قدیم، عده‌ای با نبوغ و خلاقیت خود محاسبات عملی جالب توجه و منحصر به فردی را انجام می‌دادند که امروزه هم ارزش کارشان درخور توجه است. محاسبات مربوط به شکل و هندسه زمین از جمله این کارهاست. در روزگاری که اشراف انسان بر گستره زمین محدود و توانایی تجسم شکل و ابعاد آن حداکثر در حد چشم‌انداز انسان از فراز یک کوه بلند بود، دانشمندانی بودند که با دقت در محیط پیرامون خود و با توجه به ماهیت و حرکات پدیده‌ها، اصولی مبرهن و مسلم را در جهان هستی کشف و معرفی نمودند و از طریق آنها به حل مسائل بزرگی نایل شدند که امروزه بشر فقط با مشاهده تصاویر و محاسبات ابزارهای نوین قادر به فهم و قبول آنهاست.

کرویت زمین و محاسبه محیط و شعاع و دیگر مشخصات آن یکی از مسائل مذکور است. در برخی کتب درسی از جمله کتاب علوم زمین دوره پیش‌دانشگاهی به نحوه محاسبه محیط کره زمین توسط ریاضی‌دان یونانی اراتوستن اشاره شده است که از طریق تغییراتی که در ارتفاع خورشید و زاویه تابش آن در سطح زمین رخ می‌داد توانست پی به کرویت زمین ببرد و با اندازه‌گیری اختلاف زاویه تابش در دو مکان روی زمین، محیط کره زمین را محاسبه کند. بعد از اراتوستن چنین کارهایی

بدین طریق که او

کوهی را انتخاب

می کند که از فراز

آن به راحتی افق

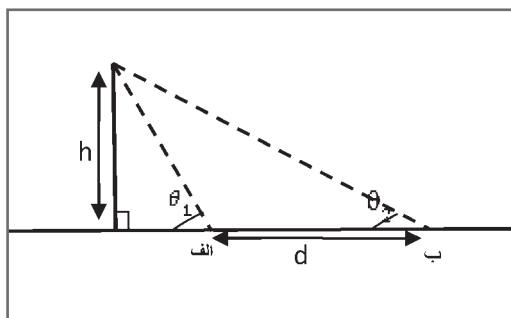
دوردست (مثلاً)

یک دریا) قابل

مشاهده باشد.

ابتدا ارتفاع کوه را

به دست می آورد

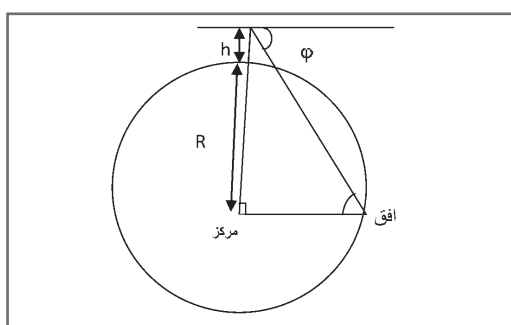


آنگاه مطابق فرمول زیر ارتفاع کوه (h) را به دست می آورد.

$$h = \frac{d \tan \theta_1 \tan \theta_2}{\tan \theta_2 - \tan \theta_1}$$

در این فرمول d فاصله افقی الف و ب است. در مرحله بعد ابوریحان به قلّه کوه می رود و از آن نقطه به افق نگاه می کند و زاویه جهت با افق را به دست می آورد. نبوغ ابوریحان در این جا معلوم می شود که او چگونه موفق به محاسبه شعاع زمین شد!

او مطابق شکل ۲ کره زمین را مجسم نموده و یک مثلث قائم الزاویه تشکیل می دهد که سه گوشه آن شامل قلّه کوه، مرکز زمین و نقطه افق است.



فرمول محاسبه شعاع زمین توسط ابوریحان:

$$R = \frac{h \cos \varphi}{1 - \cos \varphi}$$

مطابق شکل، شعاع زمین و h ارتفاع کوه است.

در این شکل مطابق با قوانین مثلثات برای محاسبه شعاع زمین، داشتن زاویه افق و ارتفاع کوه کافی است.

را دانشمندان دیگری چون جالینوس و بطلمیوس نیز انجام دادند. به علاوه، دانشمندان هندی نیز اقدام به محاسبه مساحت (رویه) زمین نموده بودند.

این روش بعدها در دوره اسلامی و رنسانس اروپایی مورد استفاده دیگر دانشمندان قرار گرفت و در جهان اسلام ابوریحان بیرونی به این کار اقدام کرد.

بنابراین ابوریحان بیرونی به عنوان یک ریاضی دان، منجم و جغرافیدان در جهان شناخته شده و در این موارد کتاب های بسیاری نوشته است.^۱ کتاب قانون مسعودی ابوریحان در مورد ریاضیات و نجوم است، چنانچه التفهیم او درباره نجوم، تحقیق مالهند (کتاب الهند) پیرامون جغرافیا و کتاب الجماهر فی معرفه الجواهر هم درباره کانی ها و جواهرشناسی است. ناگفته نماند که قبل از ابوریحان، در دوره اسلامی به دستور مأمون عباسی گروهی از دانشمندان و منجمان مأمور شدند تا محیط و شعاع زمین را در منطقه موصل عراق محاسبه نمایند.

ابوریحان نیز می خواست این کار را در صحرای گرگان (ترکمن صحرا) انجام بدهد اما به دلیل این که دستیار لایق و قابل اعتمادی نداشت از این کار دست کشید تا این که در مسافرتی که به هندوستان داشت در قلعه ای به نام نندنه ساکن شد و با روش جدیدی شروع به محاسبه شعاع زمین کرد. این دانشمند، در کتاب خود قانون مسعودی روش خویش را برای محاسبه شعاع کره زمین و سپس اندازه گیری محیط آن توضیح داده است. او با روشی علمی و مهندسی چگونگی محاسبه شعاع زمین، با کمک تعیین ارتفاع یک کوه را بیان می کند.

بدین طریق که او کوهی را انتخاب می کند که از فراز آن به راحتی افق دوردست (مثلاً یک دریا) قابل مشاهده باشد. ابتدا ارتفاع کوه را به دست می آورد که برای این کار در پای کوه و بر روی زمین مسطح دو نقطه (الف و ب) را مشخص می سازد و سپس فاصله افقی این دو نقطه (d) را اندازه می گیرد. آنگاه به کمک یک اسطرلاب (حلقه یمینی)^۲ از نقطه الف زاویه جهت قلّه کوه نسبت به خط افق (θ_1) را به دست می آورد (شکل ۱). این کار را در نقطه ب نیز تکرار می کند (θ_2).

از کارهای دیگر
ابوریحان محاسبه
دقیق انحراف
محور زمین
(میل کلی زمین)
است که علمای
قدیم آن را میل
اعظم می گفتند.
ابوریحان این کار
را در پنج مکان
مختلف انجام داد
که در آخرین
مورد مقدار میل
زمین (انحراف
مدار استوا از
دایره البروج) را
۲۳ درجه و ۳۵
دقیقه بر آورد کرد

او با کمک علم مثلثات محیط زمین را ۴۰/۰۰۰ کیلومتر محاسبه نمود که با محاسبات فعلی فقط ۳۲۰ متر اختلاف دارد و این مقدار خطایی کمتر از یک درصد است.

کارهای بدیع و خلاقانه ابوریحان بیرونی در زمینه ریاضیات، نجوم، جغرافیا و زمین شناسی زیاد است و برخی عدد آن را فزون بر سی مورد^۲ ذکر کرده اند که در اینجا به مهم ترین آنها اشاره می شود:

- ابداع روشی در نقشه کشی جغرافیایی که به «قاعده تسطیح کره بر سطح مستوی» معروف است و ابوریحان آن را استوانی نامیده است (شرح آن در آثار الباقیه آمده است). - کشف علت ایجاد چاهها و چشمه های آرتزین. ظاهراً این کشف ابوریحان بسیار جلوتر از توضیحات مسیو زله در اروپا بوده که حقایق این قبیل چاهها را در کتاب علم طبیعی خود بیان کرده است.

- ابوریحان برای تعیین وزن حجمی اجسام وسیله ای به نام ترازوی ابوریحان اختراع نموده بود. او توانسته بود وزن حجمی ۱۶ شیء را معلوم کند. (کتاب الجماهر فی معرفه الجواهر)

- اولین بار در جهان کره جغرافیایی توسط ابوریحان بیرونی ساخته شد. با این که قبلاً کره آسمانی برای نشان دادن موضع ستارگان و سیارات متداول بود ولی تا آن زمان کره زمینی ساخته نشده بود. کره جغرافیایی ابوریحان از یک نیم کره به قطر پنج متر ساخته شده بود و اسامی بلاد و شهرها همراه با طول و عرض جغرافیایی آنها ثبت شده بود. ابوریحان این اختراع را در کتاب خود به نام «تحدید نهایات الاماکن» آورده است.

- ابوریحان اولین شخص است که احتمال وجود قاره آمریکا را خبر می دهد و شرح آن در کتاب ماللهند آمده است. در آن زمان از کل کره زمین خشکی ها شناخته شده را ربع مسکون شمالی می نامیدند، که همان قاره های قدیم را شامل می شد. ابوریحان با فهم و فراست خود اعتقاد داشت که برای این ربع مسکون شناخته شده، در آن سوی زمین باید قرینه ای وجود داشته و محاط در آب های اقیانوس باشد. این نظریه ابوریحان بعد از حدود پانصد سال توسط کریستف کلمب به شکل غیرمنتظره ای اثبات و قاره آمریکا کشف شد.

- ابوریحان با استفاده از قواعد ریاضی و نیز ابزارهای

متداول مانند حلقه شاهیه، نصف النهارات و عرض های بسیاری از شهرهای آن زمان را مشخص کرده و سمت قبله آنها را نیز تعیین نمود و در این مورد حدود ۱۵ کتاب و رساله نوشت که مهم ترین آنها تحدید نهایات الاماکن لتصحیح مسافات المساکن است.

- از کارهای دیگر ابوریحان محاسبه دقیق انحراف محور زمین (میل کلی زمین) است که علمای قدیم آن را میل اعظم می گفتند. ابوریحان این کار را در پنج مکان مختلف انجام داد که در آخرین مورد مقدار میل زمین (انحراف مدار استوا از دایره البروج) را ۲۳ درجه و ۳۵ دقیقه بر آورد کرد. وی برای این کار از وسایل رصدی شامل حلقه عرض و میل و حلقه اعتدالی استفاده کرد.

- ابوریحان نیم کره و شاقول قائم اختراع کرده بود که به وسیله آن می توانست علاوه بر عرض جغرافیایی شهرها، ارتفاع و درجه میل خورشید را هم محاسبه کند.

- در زمان ابوریحان، خرافاتی برخلاف منطق علم متداول بود که وی در دو مورد اقدام به آزمایش تجربی آنها کرد و غیرواقعی بودن آنها را بر مردم آشکار نمود. از این دو مورد یکی سمی بودن الماس بوده و این که باعث مرگ می شود. ابوریحان ریزه های الماس را به سگ خورداند و هیچ اتفاقی برای سگ رخ نداد. مورد دیگر این بود که عقیده داشتند چشم مار افعی با دیدن زمرّد کور می شود. ابوریحان یک مار افعی را در یک قفسه با شکل های مختلف زمرّد قرار داد و نشان داد که برای بینایی افعی مشکلی رخ نمی دهد. - از نوشته های ابوریحان بیرونی چنین استنباط می شود که وی حدسیاتی درباره امکان وجود خلاء و نیز گردش زمین داشته و در این مورد با ابوعلی سینا مکاتباتی داشته است.^۴ (محاسبات استفاده شده در متن معادل سازی امروزی شده است.)

منبع

- بر اساس فهرستی که ابوریحان در ۶۳ سالگی از تألیفات خود نوشته است شمار کتاب ها و رساله های خود را ۱۳۸ جلد عنوان کرده است (التفهیم ۱۳۶۲، با شرح استاد همایی).
- ابوریحان یک آلت رصدی درست کرده بود که شبیه نقاله های امروزی بود و آن را حلقه یمینی می نامید (به نام سلطان محمود غزنوی که لقب یمین الدوله داشت) وی حلقه را به دقایق درجه بندی کرده بود. ابوریحان نظیر حلقه یمینی یک حلقه عضدی و یک حلقه شاهیه نیز درست کرده بود (التفهیم، ۱۳۶۲ با شرح استاد همایی).
- و ۴. همان منبع، ص ۱۳۱.