دکتر تقی عدالتی: دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد ـ بنیادپژوهشهای اسلامی
حسن فرّخی ـ دبیر آموزش و پرورش مشهد ـ بنیاد پژوهشهای اسلامی

مقدمه‌ای بر شناخت نجوم در جغرافیای ریاضی
(۷)

AN INTRODUCTION TO ASTRONOMY IN MATHEMATICAL GEOGRAPHY (7)

By: T. Edalati (ph. D.)
University of Mashhad-Islamic Research Foundation
H. Farrokhi.
ministry of Education, Mashhad office-Islamic Reserach Foundation.

Determination of the direction and Ghebleh.

There are ten methods for deter mination of the dicrection by using the time of rising, or sdetting of the sun is not accurate, beacuse, the sun in its apparent motion along the year changes its position, for the amount, of, 46′ 54″ for the polar orbits and then the places of the rising and setting the sun will change. only in the equinoxes the places of the rising and setting the sun are exact on the east and west.

The best wey for determination of the Qebleh will be on 7 Khordad and 25 tir, because in these times latitude of the Mecca will be the same as declination of the sun. of which we can say that in these times it will be on zenith in the meridian of mecca.

جهت‌یابی و قبله‌یابی

قبل از پرداختن به روشهای مختلف تعیین قبله، لازم است، موضوع جهت‌یابی بررسی شود تا با کمک آن بتوانیم جهت انحراف قبله هرمحلّ را نیز تعیین کنیم. در مقطع تحصیلی ابتدایی، برای جهت‌یابی، چنین آموزش می دادند که اگر دستهای خود را در امتداد شانه ها به دو طرف باز کنیم و به گونه‌ای بایستیم که دست راست ما به طرف مشرق (محلّ طلوع خورشید) و دست چپ ما به طرف مغرب (محلّ غروب خورشید) باشد، در این صورت روبه‌روی ما جهت شمال و پشت سرما، جهت جنوب را نشان می دهد. این روش، هرچند

روش ساده‌ای در تعیین جهات اصلی[1] یاجهات چهارگانه است ولی به علت انحراف محور زمین از نظر علمی اشکال دارد. زیرا خورشید درحرکت ظاهری خود در طول سال، برای نقاط واقع در حدفاصل مدارهای قطبی، به مقدار ۵۴ و ۴۶ تغییر موضع داده و لذا محلّ طلوع و غروب آن تغییر می‌کند و فقط در اعتدالین، محلّ طلوع و غروب خورشید دقیقاً در مشرق و مغرب واقعی ناظر قرار می‌گیرد و در سایر مواقع، محلّ طلوع و غروب خورشید از مشرق و مغرب واقعی ناظر فاصله دارد. به این ترتیب تعیین جهات از روی طلوع و غروب خورشید، دقیق نخواهد بود.

روش فوق براین اساس استوار است که افق هرنقطهٔ مدار آن محل را در دو نقطه و خط نصف‌النهار نیز در دو نقطه دیگر قطع می‌کند. برای دو نقطهٔ اوّل، نقطه‌ای که در سمت طلوع خورشید قرار دارد، مشرق (خاور) و نقطهٔ مقابل آن، مغرب (باختر) نامیده می شود. در دونقطه دوّم- محلّی که در طرف چپ شخصی که روبروی مشرق ایستاده است، شمال، و نقطهٔ دیگر را جنوب گویند.

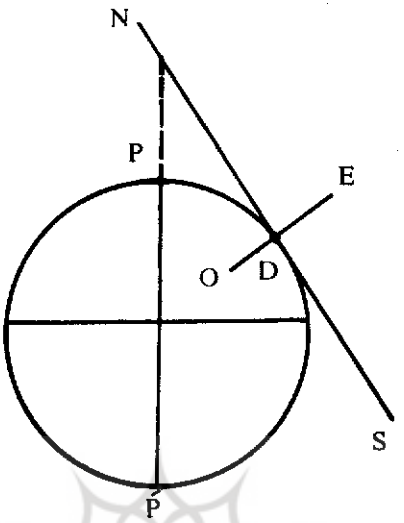
درتعیین جهات به طریق علمی دو مبدأ زیر مورد توجه قرار می‌گیرد، اوّل امتداد محور زمین که از کنار ستارهٔ قطبی می‌گذرد و در تمام طول سال ثابت می باشد. دوّم، افق محلّی که امتداد ثابتی را باید داشته باشد. در شکل(۱) برای تعیین جهتهای نقطهٔ(D) یا ناظر، ابتدا افق آن را رسم کرده و امتداد می دهیم تا محور زمین را درنقطه (N) قطع کند، سپس دو نقطهٔ (N و D) را به هم وصل می‌کنیم تا جهات (S وN) مشخص شوند. خط عمود (OE) بر نقطه (D)، جهات (E وW) را نشان می دهد (شکل۱)

پرتال جامع علوم انسانی

روش های جهت یابی:

۱ ـ راستای شمال و جنوب: شمال و جنوب حقیقی عبارت است از امتداد دو طرف محور زمین. محور چرخشی زمین، کره‌زمین را در دونقطه به نام قطبهای شمال و جنوب جغرافیایی، قطع می‌کند. البته نقاطی برروی سطح زمین و درحوالی قطبها، در زمانهای متفاوت با قطبهای چرخشی منطبق می شوند ولی مقدار تغییر محلّ قطبین جغرافیایی بسیار اندک است.

1- Cordinal Points



شکل شماره ۱ ـ تعیین جهات اصلی نقطهٔ (D)

۲ ـ جهت‌یابی از طریق دایره هندی: در قدیم نصف‌النهار یک محلّ را با مشخّص کردن دو ارتفاع مساوی خورشید در صبح و بعد از ظهر تعیین می‌کردند[۲]. این روش هنوز تاحدودی توسط منجمیّن مورد استفاده است و نیازی به رصدشبانه ندارد. در این روش باید از تغییرات میل خورشید در طول روز صرف نظر کرد البته به علّت طولانی بودن مدّت آزمایش، میزان شکست نور در اتمسفر یکسان نبوده و درنتیجه، در این روش، احتمال خطا وجود دارد.

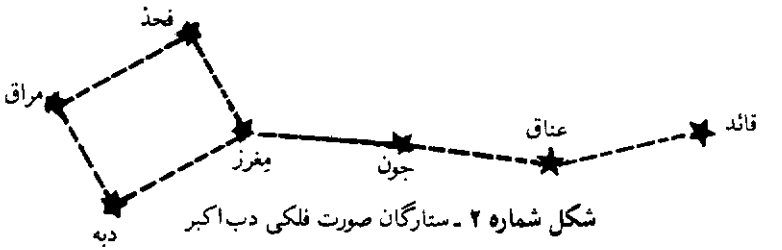
۳ ـ جهت‌یابی در شب: برای جهت‌یابی در شب، می توان از ستاره قطبی استفاده کرد. این ستاره به فاصله یک درجه درامتداد محور عالم و به طرف شمال قرار دارد. برای پیدا کردن ستاره قطبی باید از صورت فلکی دبّ اکبر[۳] (خرس بزرگ) یا آبگردان بزرگ[۴] استفاده کرد که در موقع غروب در ۶ماه اوّل سال در نیمکره شمالی، به شرط صاف بودن هوا، قابل رؤیت است. چهار ستارهٔ دُبَه[۵] مِراق[۶]، فخذ[۷]، مِغرز[۸] به شکل تقریبی ذوزنقه می باشدو ستارگان قائد[۹]، عناق[۱۰] و جون[۱۱]، ستارگان دستهٔ دب اکبررا تشکیل می دهند (شکل ۲).

---

۲ ـ ماشاءا... احیایی، کاربرد علوم در قبله‌یابی، انتشارات امیرکبیر، تهران۱۳۶۷

3- Ursa Major. 4- Bigdipper. 5- Dubhe. 6- Merak.

7- Phecde 8- Megrez 9- Alkaid. 10- Mizar. 11- Alioth



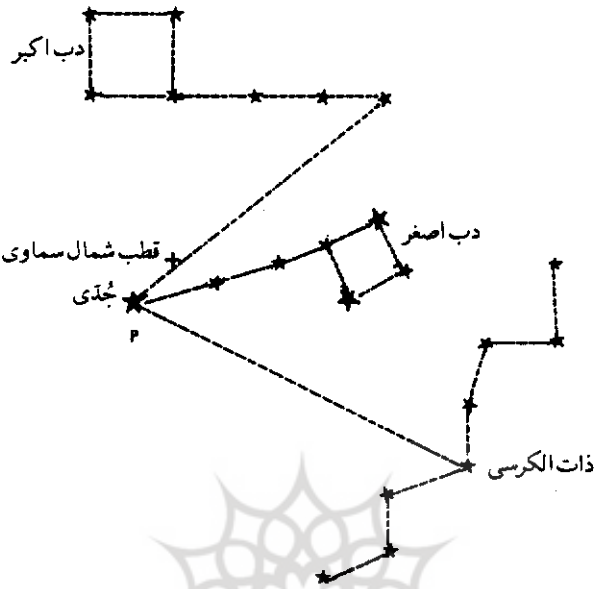
شکل شماره ۲ ـ ستارگان صورت فلکی دب اکبر

از طریق صورت فلکی دب اصغر[12] (خرس کوچک) و یا آبگردان کوچک[13] می توان، معروفترین و پرنورترین ستاره این صورت فلکی، ستاره قطبی[14] یا جدی را پیدا کرد. (شکل۳)

در شکل شماره ۳ ـ فاصله زاویه‌ای ستارگان **دبّه و مراق حدود ۵ و دبه تا جدی** حدود ۲۹° می باشد لذا اگر فاصله دبه و مراق که به نام ستارگان قراولان[15] معروفند را، ۶ برابر کنیم به ستاره قطبی (جدی) می رسیم.

شکل شماره ۳ ـ ستارگان صورت فلکی دب اصغر

12- Ursa Minor 13- Little Dipper 14- Polaris 15- Thepointers

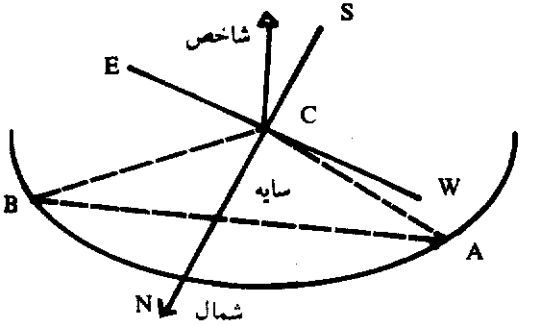


شکل شماره ٤ ـ ستارگان صورت فلکی ذات الکرسی

به جز صور فلکی فوق، سه صورت فلکی ذات الکرسی[16]، تِنیّن[17] (اژدها) و قیقاووس[18] در عرضهای ° ٤ شمالی قابل رؤیتند که می توان از طریق آنها به ستاره قطبی رسید. از ذات الکرسی در نیمه دوّم سال می توان برای پیدا کردن جهت شمال استفاده کرد. این صورت فلکی به شکل M یا W می باشد (شکل شماره٤)

٤ ـ روش ابوریحان بیرونی: با نصب یک میله عمودی به عنوان شاخص و درنظر گرفتن سایه آن در طول روز، جهات چهارگانه به شرح زیر مشخص می شوند. به مرکز شاخص و به شعاع اختیاری، قوسی رسم می‌کنیم و محل سایهٔ شاخص را در قبل از ظهر (مثلاً ساعت ۹ صبح) معیّن کنیم (A)، سپس در بعد از ظهر که سایه شاخص به نیمدایره ترسیم شده رسید، آن را (B) می نامیم و از A به B وصل می‌کنیم، اگر در مثلث متساوی الساقین (ABC)، عمود منصّف وتر (AB) که نیمساز زاویه می باشد، رسم شود و از راستای آن، نقطه(C) عبور کند، جهت دقیق شمال و جنوب را نشان می دهد، به این ترتیب، جهتِ سایه، جهتِ

16- Cassiopeia 17- Dragon 18- Copheus



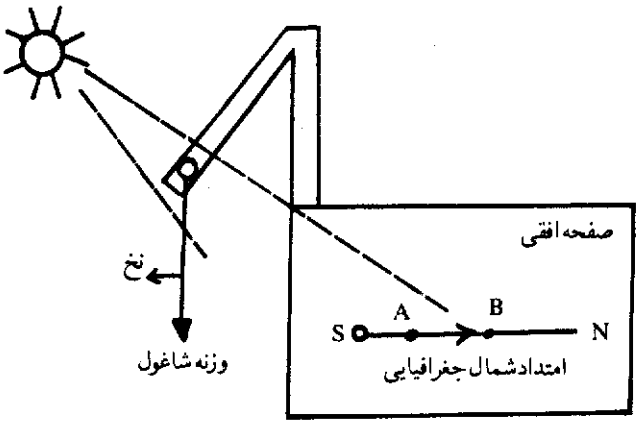
شکل شماره ۵ ـ جهت‌یابی به وسیله شاخص

شمال و جهتِ خلافِ سایه، جهتِ جنوب است. بارسم خطی عمود بر آن، می‌توان جهت شرق و غرب را مشخص کرد (شکل شماره۵)

۵ ـ روش استفاده از ظهر خورشیدی: ظهر شرعی به زمانی اطلاق می شود که خورشید برفراز نصف‌النهار محل قرار گیرد در لحظه‌ای که ظهر خورشیدی است، ساعت رسمی، لزوماً ساعت ۱۲ را نشان نمی دهد. در زمانی که خورشید برفراز نصف‌النهار محلّ قرار می‌گیرد، امتداد سایهٔ هرمیلهٔ قائم و یا سایه نخ یک شاخص، امتداد شمال و جنوب جغرافیایی محلّ خواهد بود. لذا ابتدا باید زمان ظهر خورشیدی به وقت رسمی را محاسبه کرد و سپس طبق شکل٦، صفحه‌ای کاملاً افقی تهیّه کرده و شاغولی را توسط پایه‌ای درکنار آن قرار می دهیم. برای آن که شاغول کاملاً بی حرکت باشد، وزنهٔ آن باید سنگین باشد تا نوسانات آن زودتر گرفته شود. بعد از میزان کردن ساعت خود با وقت رسمی کشور و چند دقیقه قبل از ظهر خورشیدی محاسبه شده (به وقت رسمی) در کنار شاغول می ایستیم و دقیقاً درلحظه ظهر خورشیدی، امتداد سایهٔ نخ شاغول برروی صفحه را مشخص کرده، و پس از تعیین دو نقطه A و B برروی سایه شاغول، آن دو نقطه را به یکدیگر وصل می‌کنیم، به این ترتیب،امتدادسایه‌نخ شاغول،امتدادشمال‌و جنوب‌جغرافیایی محلّ‌را نشان‌می دهد(شکل‌شماره٦)

٦ ـ روش استفاده از زاویه سمت خورشید: در صورت عدم امکان استفاده از روش ظهر خورشید، می توان با محاسبهٔ زاویه سمت[19] خورشید، امتداد شمال و جنوب جغرافیایی محلّ

19- Azimuth



شکل شماره ۶ ـ روش ظهر خورشیدی

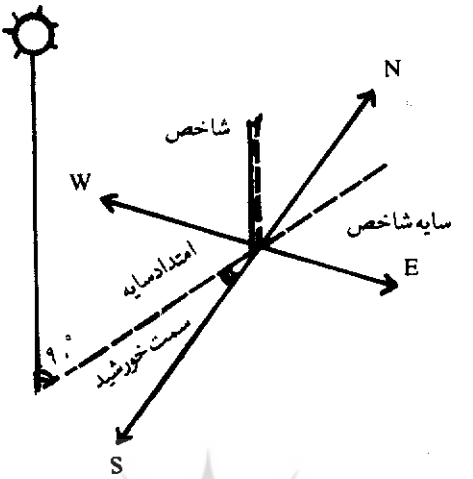
را تعیین کرد. خطی که ناظر را به خورشید متّصل می‌کند، زاویه‌ای با امتداد جنوب جغرافیایی می سازد، که سمت خورشید گویند. این زاویه به طرف شرق یا غرب اندازه گیری می شود. سمت خورشید را برای هر ساعتی از روز به کمک فرمولهای زیر، می توان به دست آورد:

$$\tan A = \frac{\tanh \operatorname{Sin} N}{\operatorname{Sin}(\varphi - N)} \qquad \text{و} \qquad \tan N = \frac{\tan \delta}{\cosh}$$

در این فرمول ها: h = زاویه ساعتی خورشید. φ = عرض جغرافیایی ناظر. A = سمت خورشید برحسب درجه δ = زاویه میل خورشید به درجه

براساس شکل شماره ۷ ـ دقیقاً در لحظه معیّن شده، از امتداد سایهٔ یک شاخص عمودی برصفحهٔ افقی، زاویه سمت را با استفاده از جدول شماره۱، می توان امتداد شمال و جنوب جغرافیایی را به دست آورد. لازم به تذکر است که موضوع شکست نور در جو، تأثیری دراین روش ندارد.

۷ ـ جهت یابی به وسیله ماه: ماه در اثر انعکاس نور خورشید می درخشد، لذا به کمک قسمت روشن ماه می توان جهت تابش نور خورشید را معلوم کرد. اندکی بعد از ماه نو، باریکهٔ روشنی از ماه نو بعد از غروب آفتاب در غرب افق دیده می شود که بدان هلال ماه نو گویند و بتدریج بر پهنای قسمت روشن افزوده می شود. از مرحلهٔ ماه نو تا بدر یعنی در نیمهٔ



شکل شماره ۷ ـ روش استفاده از زاویه سمت خورشید

جدول شماره ۱ ـ زاویه ساعتی خورشیدی از ٤ صبح تا ۸ بعد از ظهر

وقت ساعت خورشیدی قبل ازظهر		وقت ساعت خورشیدی بعدازظهر		زاویه ساعت خورشیدی به درجه		وقت ساعت خورشیدی قبل ازظهر		وقت ساعت خورشیدی بعدازظهر		زاویه ساعت خورشیدی به درجه	
دقیقه	ساعت	دقیقه	ساعت	دقیقه	درجه	دقیقه	ساعت	دقیقه	ساعت	دقیقه	درجه
۰	۱۲	۰	۱۲	۰	۰	۳۰	۷	۳۰	۱۶	۳۰	۶۷
۳۰	۱۱	۳۰	۱۲	۳۰	۷	۰	۷	۰	۱۷	۰	۷۵
۰	۱۱	۰	۱۳	۰	۱۵	۳۰	۶	۳۰	۱۷	۳۰	۸۲
۳۰	۱۰	۳۰	۱۳	۳۰	۲۲	۰	۶	۰	۱۸	۰	۹۰
۰	۱۰	۰	۱۴	۰	۳۰	۳۰	۵	۳۰	۱۸	۳۰	۹۷
۳۰	۹	۳۰	۱۴	۳۰	۳۷	۰	۵	۰	۱۹	۰	۱۰۵
۰	۹	۰	۱۵	۰	۴۵	۳۰	۴	۳۰	۱۹	۳۰	۱۱۲
۳۰	۸	۳۰	۱۵	۳۰	۵۲	۰	۴	۰	۲۰	۰	۱۲۰
۰	۸	۰	۱۶	۰	۶۰						

اول ماه، قوس روشن ماه رو به مغرب است و لذا جهت غرب را می‌توان از روی ماه تشخیص داد. درنیمهٔ دوم ماه، قوس روشن ماه رو به شرق دارد و می‌توان جهت شرق را پیدا کرد. این روش در نیمکره جنوبی که ستاره روشنی در محلّ قطب جنوب سماوی وجود ندارد، قابل استفاده است.

۸ ـ روش استفاده از عبور خورشید از سطح نصف‌النهار اصلی[۲۰]: سطح نصف‌النهار اصلی، دایرهٔ عظیمه‌ای است که صفحهٔ آن برصفحه نصف‌النهار سماوی عمود است و از نقاط سمت‌الرأس، سمت‌القدم، مغرب و مشرق واقعی می‌گذرد. بنابراین امتداد یک شاخص عمودی در لحظهٔ عبور خورشید از نصف‌النهار اصلی یک محلّ، امتداد شرق ـ غرب جغرافیایی را مشخّص می‌کند. خورشید دوبار در طول روز از سطح نصف‌النهار اصلی یک محلّ عبور می‌کند و لذا، هرروز در صبح یابعد از ظهر می‌توان این روش را به کار گرفت. لحظه عبور خورشید از سطح نصف‌النهار اصلی یک محلّ را به کمک فرمول زیر می‌توان به دست آورد:

$$\cosh = \tan\delta \cot\varphi$$

با داشتن عرض جغرافیایی و زاویهٔ میل خورشید محلّ، می‌توان زاویهٔ ساعتی لحظه عبور خورشید از سطح نصف‌النهار اصلی را به دست آورد.

۹ ـ روش استفاده از ساعت خورشیدی: تا قرن نوزدهم میلادی، ساعتهای خورشیدی معمولترین وسیله برای سنجش زمان بود که با پیشرفت تکنولوژی و با افزایش میزان دقّت ساعتهای مکانیکی، از ارزش عملی ساعتهای خورشیدی کاسته شد اما هنوز در مواردی خاص به کار گرفته می‌شود. ساعتهای خورشیدی، وقت را براساس حرکت ظاهری روزانهٔ خورشید نشان می‌دهند و لذا باید وقت خورشیدی حقیقی به وقت رسمی (استاندارد) تبدیل کرد.

ساعتهای خورشیدی، عمدةً دارای یک میله و یک دستک (شاخص[۲۱]) می‌باشد که برروی صفحه‌ای مدرّج نصب شده‌اند و سایهٔ شاخص، حکم عقربه[۲۲] را دارد. ساعتهای خورشیدی را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم کرد: **اول**، ساعتهای خورشیدی[۲۳] ارتفاعی که براساس تغییر ارتفاع خورشید در طول روز کار می‌کنند. ارتفاع خورشید به میل خورشید و وقت روز، بستگی دارد و تغییرات طول سایهٔ یک شئ به علّت تغییرات ارتفاع خورشید است.

20- Prime Vertical 21- Gnomon. 22- Pointer 23- Attitude dials

دوّم، ساعتهای خورشیدی[۲۴] جهتی که براساس زاویه سمت و زاویه ساعتی تنظیم شده‌است. در این دسته از ساعتها برای تعیین وقت، از جهت سایه به جای طول سایه استفاده می‌شود. سوّم، ساعتهای خورشیدی ترکیبی[۲۵] که براساس ارتفاع و نیز زاویهٔ سمت و زاویهٔ ساعتی خورشید کار می‌کند*.

قبله‌یابی و روشهای تعیین قبله

قبله به معنای جهت، سمت و آنچه که پیش روی گیرند، است. در واقع، قبله، جهت و سمت کعبه است دانستن جهت قبله برای مسلمانان ضروری است. در طرح و بنای مساجد، برای انجام بسیاری از مراسم مذهبی و در معماری اسلامی، جهت قبله اهمیّت خاصی دارد. از ماه رجب در سال دوّم هجرت، جهت قبله مسلمانان از بیت‌المقدس به سوی مکّه معظمه تغییر یافت. در اوایل ظهور اسلام، قبله‌یابی به دلیل نزدیکی مناطق جغرافیایی به مکه، راحت بود ولی بعد از گسترش اسلام در سرزمینهای دور قبله‌یابی اهمیت خاصی یافت. امروزه به کمک قمرهای مصنوعی و عکسبرداریهای هوایی، براحتی می‌توان وضعیت نقاط با فواصل زیاد را برروی کره‌زمین، دقیقاً تعیین کرد.

مختصّات جغرافیایی مکّه: برای یافتن جهت قبله در هر نقطه، باید طول و عرض جغرافیایی کعبه، در دست باشد ولی به دلیل نبودن مختصّات جغرافیایی کعبه، از مختصّات جغرافیایی مکّه استفاده می شود[۲۶]:

N E

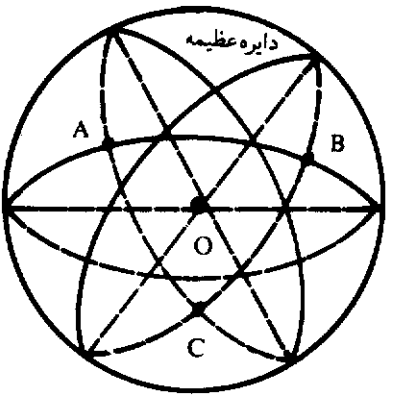
$\varphi = ۲۱^{\circ}\ ۲۷'$ $\lambda = ۳۹^{\circ}\ ۴۵'$

شهر مکّه در غرب شبه‌جزیره عربستان قرار دارد که از شمال به مدینه، از شرق به طائف، از جنوب به عسیر و از طرف غرب به جدّه در ساحل دریای سرخ، محدود است. ارتفاع مکه ازسطح دریا، حدود ۳۳متر و بین دو رشته کوه محصور است. برای تعیین قبله، باید زاویهٔ انحراف قبلهٔ هرمحل را نسبت به امتداد شمال و جنوب حقیقی محلّ به دست آورد، برای این کار روشهای متعددی وجود دارد که مهمترین آنها عبارتند از:

24- Directional dials 25- Combined dials

*: لازم به تذکر است که در بعضی از کتب برای جهت‌یابی روشهای دیگری از قبیل، جهت‌یابی از طریق استفاده از ساعت و نیز از طریق آفتاب زدگی تنه بعضی از درختان (در نیمکره شمالی، جهت جنوب)و... ذکر شده‌است ولی به دلیل قدیمی بودن و نیز ضعیف بودن آنها از نظر علمی، از توضیح آنها خودداری شده‌است.

26- Goodés World Atlas,p 254



شکل شماره۸ـیک مثلث کروی

الف: استفاده از مثلثات کروی: کره‌ای را به شعاع واحد طول در نظر می‌گیریم و برروی آن سه نقطهٔ (A ، B و C) را انتخاب می‌کنیم. بر هر دونقطه از این سه نقطه و نیز مرکز کره (O)، صه دایرهٔ عظیمه عبور می‌کند و سه‌قوس AB ، AC و BC بر روی کره به دست می‌آید. سطح محصور بین این سه‌قوس،یک مثلث کروی است (شکل شماره۸)

هر مثلث کروی مانند مثلث مسطح دارای سه‌ضلع و سه‌زاویه است. اگر از نقطه(A) دو خط مماس بر دوقوس (AB و AC) رسم کنیم، زاویه(A) به دست می‌آید، از طرفی چون دو خط مماس درنقطهٔ(A) برشعاع(OA) عمودندو (OA) فصل مشترک دو دایرهٔ عظیمهٔ (OAB و OAC) می باشد، لذا زاویهٔ (A) را می توان زاویه بین دو صفحهٔ (OAB و OAC) دانست. درنقاط (B وC) درصورتی که طبق آنچه برای نقطهٔ (A) گفته شد، عمل شود، دو زاویهٔ دیگر به دست می‌آید که زوایای (B و C) خواهند بود. اگر مقدار قوسهای (BC ، AC و AB) به ترتیب (a ، b و c) باشند آنها اضلاع مثلث کروی (ABC) هستند. (شکل شماره ۹)

ـ خواص مثلث کروی: ۱ ـ اندازه هر زاویهٔ یک مثلث کروی از ۱۸۰° (π۲) کمتر است. ۲ـ مجموع سه‌زاویه مثلث کروی از ۱۸۰° بیشتر و از ۲۷۰° کمتر است. ۳ـ مجموع اندازه‌های هر دوضلع یک مثلث کروی ازاندازهٔ ضلع سوم بیشتر است. ٤ـ اگر مجموع دوضلع یک مثلث کروی ۱۸۰° باشد، مجموع زوایای روبرو نیز ۱۸۰° می باشد. ۵ـ دریک مثلث کروی، زاویه کوچکتر، روبروی ضلع کوچکتر قراردارد و برعکس.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی