تعیین جهت قبله با استفاده از خورشید*

کاظم نفیسی
مربی دانشگاه بیرجند و دانشجوی دکتری دانشگاه اصفهان
E-mail: naficykazem @ yahoo.com
دکتر احمد کیاست‌پور
استاد دانشگاه اصفهان

چکیده

تعیین جهت قبله از ابتدای ظهور اسلام، در بین مسلمانان از اهمیت خاصی برخوردار بوده است. در این مقاله ضمن بررسی اجمالی کوششهای گذشتگان، روش جدید و نسبتاً دقیقی ارائه شده است، که ابزار آن یعنی خورشید به راحتی در دسترس همگان است. با داشتن یک جدول، به راحتی می‌توان دانست که در هر روز از سال در هر محل معین، خورشید در چه ساعتی از روز دقیقاً در راستای قبله قرار می‌گیرد، به طوری که امتداد سایهٔ یک شاخص، راستای قبله را نشان می‌دهد. بدین منظور یک برنامهٔ کامپیوتری تهیه شده است که ورودی آن تنها، طول و عرض جغرافیایی و تاریخ (سال و ماه و روز) و خروجیش ساعت انطباق خورشید با راستای قبله است. این برنامه در سه مرحله کار می‌کند: ۱ ـ تعیین دقیق جهت قبله با در نظر گرفتن طول و عرض جغرافیایی محل؛ ۲ ـ تعیین بعد و میل خورشید در روز مورد نظر؛ ۳ ـ به دست آوردن ساعت انطباق سمت خورشید با جهت قبله.

در این مقاله بیشتر به جنبهٔ آموزشی مسأله تأکید شده است و لذا برخی مفاهیم با تفصیل بیشتری مطرح می‌گردد.

کلیدواژه‌ها : قبله‌یابی، مختصات خورشید، مثلثات کروی.

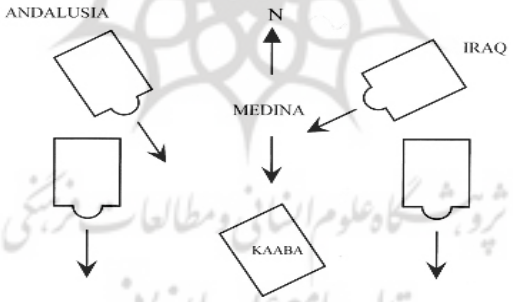
---

* ـ تاریخ وصول: ۸۲/۸/۲۱ ، تاریخ تصویب نهایی:۸۳/۶/۳ .

۱. تاریخچه

تاکنون روشهای متعددی برای جهت‌یابی ابداع شده است که از مراتب دقت متفاوتی برخوردارند. از جهت‌یابی با استفاده از ستارگان، خورشید، میدان مغناطیسی زمین گرفته، تا روشهایی مانند جهت لانهٔ مورچگان، جهت قبرهای مسلمانان، رشد دایره‌های سنی تنه درختان و ...

تعیین جهت قبله در قرون اول و دوم هجری از دقت فوق العاده کمی برخوردار بود. مسلمانان فقط می‌دانستند که قاعدهٔ مستطیل شکل کعبه در کدام جهت است. محور بزرگتر آن را رو به محل طلوع ستارهٔ سهیل و محور کوچکتر آن را به طرف محل طلوع ماه در وسط تابستان و محل غروب ماه در وسط زمستان در نظر می‌گرفتند. شافعی‌ها به طرف جنوب نماز می‌خواندند زیرا پیامبر در مدینه (شمال مکه) به طرف جنوب نماز می‌خواند (شکل ۱). برخی دیگر در جهت جاده‌ای که به طرف مکه می‌رفت، نماز می‌خواندند (کینگ، 127-1).



شکل ۱: محراب مساجد اولیه در عراق و اندلس موازی با یکی از دیوارهای کعبه و یا در جهتی که پیامبر در مدینه نماز می‌خوانده، بنا نهاده شده است.

در برخی سندهای تاریخی، برای قبلهٔ مساجد و مکانهای مذهبی بعضی شهرها جهت‌های مختلفی را ذکر کرده‌اند. به عنوان مثال، برای شهر سمرقند جهت‌های زیر ذکر شده است: ۱ ـ به طرف غرب، قبلهٔ مدرسهٔ حنفی‌ها و در جهت جادهٔ خروجی شهر

به طرف مکه؛ ۲ ـ ۳۰° جنوب غرب، محل غروب زمستانی خورشیدو جهت قبلهٔ مسجد جامع شهر؛ ۳ ـ ۴۰° جنوب غرب، مستخرج از جدولی که ارتفاع خورشید را در سمت قبله نشان می دهد؛ و ۴ ـ به طرف جنوب که توسط مدرسهٔ شافعی‌ها استفاده می‌شود و متناظر با قبله پیامبر در مدینه است (همو، ص 127-1).

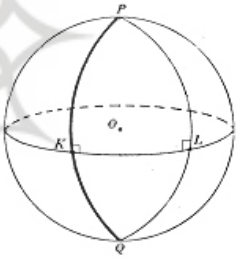
سپس از قرون ۳ تا ۱۰ هجری دانشمندان اسلامی با استفاده از روشهای نجوم ریاضی و نیز جغرافیای ریاضی، جداول، نقشه‌ها و ابزارهایی برای تعیین قبله نواحی مختلف تهیه کردند.

در زمان حاضر دقیق‌ترین وسیله برای تعیین قبله، قبله نما است. اولین قبله نماها به شکل یک کاسه لعابی پر از آب بود که یک عقربه مغناطیسی شناور روی آن قرار می‌گرفت (شکل ۲). این وسیله در سال ۲۰ ـ ۱۵۱۶ میلادی در دمشق ساخته شده است. در ایران پس از انقلاب اسلامی نیز، کوششهایی برای تعیین قبله با روشهای صحیح علمی صورت گرفته که از جمله می‌توان به کتاب گلابگیر و عدالتی اشاره کرد.

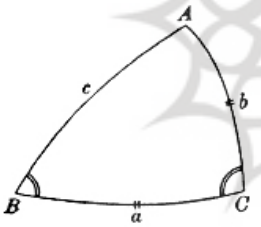
شکل ۲: یک کاسه لعابی قبله‌نما که در سالهای حدود ۲۰ ـ ۱۵۱۶ میلادی ساخته شده است.

۲. مثلثات کروی

قوانین هندسه و مثلثات در فضای تخت با فضای کروی متفاوت است. اصول اقلیدس که در هندسهٔ تخت حاکم است، در فضای منحنی برقرار نیست. مثلاً در فضای تخت از هر نقطهٔ خارج یک خط، بیش از یک خط نمی‌توان بر آن عمود کرد و یا دو خط موازی هیچگاه یکدیگر را قطع نمی‌کنند. ولی در روی یک کره، نصف النهارات، در قطب کره به هم می‌رسند و همگی بر خط استوا عمودند. در فضای تخت مجموع زوایای هر مثلث ۱۸۰° است و روابطی نظیر قضیهٔ فیثاغورث برطول اضلاع آن حاکم است ولی مجموع زوایای یک مثلث کروی بیش از ۱۸۰° است (در واقع ثابت نیست) (شکل ۳) و روابط خاصی بر اضلاع و زوایای آن حاکم است، مانند روابط زیر (اسمارت، ص 113-1؛ اوستلی و کارول، p.1-53). (یادآوری می‌شود که هر ضلع یک مثلث کروی، قسمتی از یک دایرهٔ عظیم است (شکل ۴)).



شکل ۳: هندسه کروی



شکل ۴: مثلث کروی

فرمول سینوس $$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$$

فرمول کسینوس برای اضلاع $$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

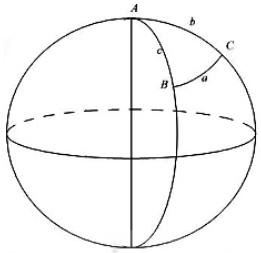
فرمول کسینوس برای زوایا $$\cos A = \cos B \cos C + \sin B \sin C \cos a$$

فرمول چهار جزئی $$\cos a \cos C = \sin a \cot b - \sin C \cot B$$

فرمول کسینوس را می‌توان رابطهٔ اصلی قلمداد کرد. دیگر روابط داده شده و دهها رابطهٔ دیگر از آن مشتق می‌شوند که بسته به مورد، از آنها استفاده می‌شود (ریاضی کرمانی، ص ۱۴۳ ـ ۱).

۳. تعیین جهت قبله

در شکل ۵ نقاط A و B و C سه رأس یک مثلث کروی روی کرهٔ زمین نشان می‌دهند



شکل ۵: مکه معظمه (B) و محل مورد نظر (C) بر روی کره زمین

و به ترتیب عبارتند از قطب شمال زمین، مکهٔ معظمه (قبله مسلمانان)، و محل مورد نظر. فرمول چهار جزئی را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\cos b \cos A = \sin b \cot c - \sin A \cot C$$

که در آن $b = 90 - \varphi$ متمم عرض جغرافیایی محل، $A = l - l_0$ تفاوت طول جغرافیایی محل و طول جغرافیایی مکه، C زاویه سمت قبله با جهت شمال و $c = 90 - \varphi_0$ متمم عرض جغرافیایی مکه است. پس:

$$\cos(90 - \varphi)\cos(l - l_0) = \sin(90 - \varphi)\cot(90 - \varphi_0) - \sin(l - l_0)\cot C$$

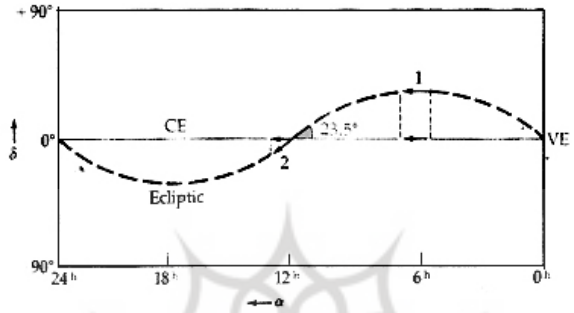
$$\tan C = \frac{\sin(l - l_0)}{\cos\varphi \tan\varphi_0 - \sin\varphi \cos(l - l_0)}$$

که در آن $l_0 = 39^\circ 50'$ و $\varphi_0 = 21^\circ 25'$ به ترتیب طول و عرض جغرافیایی مکه هستند.

۴. یافتن بعد و میل خورشید در روزهای مختلف سال

میل خورشید در یک سال تقریباً به صورت سینوسی تغییر می‌کند (شکل ۶). در اول بهار و اول پاییز، میل خورشید برابر صفر می‌گردد. این وضعیتها به ترتیب

اعتدال بهاری و اعتدال پاییزی نامیده می‌شوند. در اول تابستان به مقدار ماکزیمم $23^{\circ}27'$ و در اول زمستان به مقدار کمینه $-23^{\circ}27'$ می‌رسد. این وضعیتها به ترتیب انقلاب تابستانی و انقلاب زمستانی نام دارند (زیلیک و اسمیت، p. 36-50).



شکل ۶: تغییرات بعد و میل خورشید در سال

همچنین بعد خورشید در یک سال، 360° تغییر می‌کند. اگر سرعت خورشید را تقریباً یکنواخت فرض کنیم، بعد خورشید، این تغییر سالیانه را با سرعت ثابت خواهد داشت. بنابراین:

$$\delta^{0} = 23^{\circ}27' \sin \frac{2\pi t}{365.2422} = 23.45^{\circ} \sin 0.986t$$

$$\alpha^{0} = \frac{360}{365.2422} t$$

که در آن t، زمان بر حسب روز طی شده از اول فروردین ماه است.

البته در روزهای مختلف سال خورشید واقعی، از خورشید متوسط به دو دلیل جدا می‌شود (عقب یا جلو خواهد افتاد) و به همین جهت ظهر شرعی و ظهر قراردادی در هر محل، در روزهای مختلف مقداری اختلاف دارند. دلیل اول اینکه خورشید نسبت به زمین به ظاهر در یک مدار بیضی‌وار به دور آن حرکت می‌کند و آهنگ حرکت آن در مدار ثابت نیست. در نتیجه خورشید به ظاهر، دایرهٔ البروج را با آهنگی نایکنواخت می‌پیماید.

دلیل دوم اینکه خورشید روی دایرهٔ البروج حرکت می‌کند و نه در امتداد استوای سماوی (که اندازه‌گیری زاویه ساعتی روی آن صورت می‌گیرد). بنابراین اختلاف بین بعد خورشید متوسط و خورشید واقعی را می‌توان در هر لحظه محاسبه کرد. این اختلاف ***تعدیل زمان*** نام دارد.

$$E = RAMS - RA\odot$$

که $RAMS$ بعد خورشید و $RA\odot$ بعد خورشید واقعی است. E به طور تقریبی از رابطه زیر به دست می‌آید (اسمارت، ص 113-1).

$$E = -103^{S}.9\sin\lambda - 429^{S}.6\cos\lambda + 596^{S}.\sin 2\lambda - 2^{S}.0\cos 2\lambda + 4^{S}.3\sin 3\lambda + 19^{S}.3\cos\lambda - 12^{S}.7\cos 4\lambda$$

در اینجا λ طول دایرهٔ البروجی است. λ و نیز β (عرض دایرهٔ البروجی) با روابط زیر به بعد و میل خورشید مربوط می‌شوند.

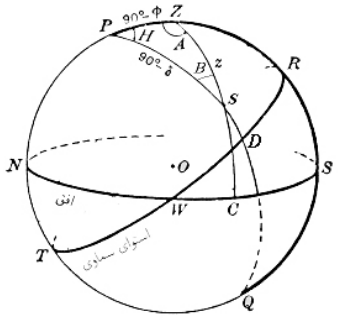
$$\sin\beta = \sin\delta\sin\varepsilon - \cos\delta\sin\alpha\sin\varepsilon$$

$$\cos\beta\cos\lambda = \cos\delta\cos\alpha$$

که در $\varepsilon = 23^{\circ}26'33''$ انحراف دایرهٔ البروج از استوای سماوی است.

۵. یافتن سمت خورشید بر حسب روز و ساعت

شکل ۷ کرهٔ سماوی را نشان می‌دهد. نقطهٔ z سرسو و p قطب شمال سماوی است. خورشید در نقطهٔ s قرار دارد. $\varphi = ZR$ عرض جغرافیایی و $H = RD$ زاویهٔ ساعتی است. $\delta = Ds$ میل خورشید و زاویه A سمت خورشید نسبت به جهت شمال است. در مثلث pzs، ضلع $b = 90 - \varphi$ و ضلع $a = 90 - \delta$ است. در این مثلث می‌توان نوشت (ریاضی کرمانی، ص ۱۴۳ ـ ۱):



شکل ۷: کره سماوی

$$\cot\frac{H}{2}=\frac{\tan\frac{A-B}{2}\sin\frac{a+b}{2}}{\sin\frac{a-b}{2}}$$

$$\sin B=\frac{\sin b\sin A}{\sin a}$$

$$B=\sin^{-1}\left[\frac{\sin(90-\varphi)\sin A}{\sin(90-\delta)}\right]=\sin^{-1}\left[\frac{\cos\varphi\sin A}{\cos\delta}\right]$$

$$H=2\tan^{-1}\left[\frac{\sin\frac{\varphi-\delta}{2}}{\tan\frac{A-B}{2}\cos\frac{\delta+\varphi}{2}}\right]$$

و بدین ترتیب با داشتن عرض جغرافیایی φ و میل خورشید δ ، می‌توان مشخص نمود که در چه ساعتی از روز سمت خورشید به مقدار مورد نظر می‌رسد (در راستای قبله قرار می‌گیرد). توجه کنید که زاویهٔ ساعتی توسط روابط زیر به زمان نجومی و نهایتاً به زمان محلی مربوط می‌شود:

$$S.T. = H.A. + \alpha$$

$$LT = S.T. - (number\ of\ day) \times 0.06571 + 12^h$$

۶. برنامهٔ کامپیوتری

برنامهٔ کامپیوتری به زبان *Delphi* نوشته شده است. این برنامه در سه مرحله کار می‌کند:

الف) به دست آوردن جهت قبلهٔ محل: مرحلهٔ اوّل برنامه، به دست آوردن جهت قبله با داشتن طول و عرض جغرافیایی محل است. نتایج این مرحله، با جداول مندرج در کتاب ریاضی کرمانی (***مقدمه‌ای*** ...)، مقایسه شد که کاملاً سازگار است. جهت قبلهٔ برخی شهرهای مهم کشورمان در جدول ۱ آمده است.

ب) محاسبهٔ مختصات خورشید در روزهای مختلف سال: این مرحله با روش ارائه شده در بخش ۴ انجام گرفت. نتایج آن با داده‌های ***سالنامهٔ*** ...[۱] برای بعد و میل خورشید مقایسه شده‌اند. جذر میانگین مربعی *RMS* اختلاف داده‌ها با داده‌های مرجع مذکور برای میل ′۸۸ و برای بعد ′۱۵ است. بیشترین اختلاف در آبان ماه مشاهده می‌شود.

ج) به دست آوردن ساعت انطباق: محاسبات این مرحله بر اساس روابط بخش۵ انجام می‌گیرد. نتایج آن، برای شهر اصفهان (طول جغرافیایی $51^{\circ}40'$ و عرض جغرافیایی $32^{\circ}39'$) در جدول ۲ آمده است.

با نگاهی به جداول بعد و میل خورشید، ملاحظه می‌شود که در روزهای ۷ خرداد (۲۸ می) و ۲۵ تیر ماه (۱۶ جولای)، میل شمالی خورشید برابر با عرض جغرافیایی مکهٔ معظمه (۲۱ درجه و ۲۵ دقیقه) می‌شود (***سالنامهٔ*** ...) و بنابراین در وقت ظهر شرعی مکه، خورشید دقیقاً در سمت الرأس کعبه قرار دارد. در این حال طول سایهٔ کعبه صفر می‌شود، و این روش مقادیر دقیق و مطمئنی را برای تعیین قبله در همهٔ شهرها ارائه می‌دهد. به عبارت دیگر چنانچه در این دو روز، در وقت ظهر به افق مکه، به طرف خورشید قرار گیریم، دقیقاً در جهت قبله ایستاده‌ایم. با توجه به طول جغرافیایی مکه، $39^{\circ}50'$، و اختلاف طول اصفهان و مکه برابر با ۱۱ درجه و ۵۰ دقیقه، ۴۷ دقیقه بعد از ظهر حقیقی اصفهان، خورشید در این دو روز در امتداد قبله می‌باشد (هر درجه در امتداد

۱. American ...

استوای زمین معادل ۴ دقیقه زمانی است). ظهر حقیقی در اصفهان در ۷ خرداد ساعت ۱۳ و در ۲۵ تیر ساعت ۱۳ و ۸ دقیقه است. بنابراین در ساعت ۱۳ و ۴۷ دقیقه هفتم خرداد ماه و ۱۳ و ۵۵ دقیقه بیست و پنجم تیر ماه، خورشید در اصفهان در مقابل کعبه قرار می‌گیرد. برنامه کامپیوتری ما در این دو روز، ساعت قرار گرفتن خورشید در امتداد قبله را به ترتیب ساعت ۱۳ و ۴۶ دقیقه و ۱۳ و ۳۷ دقیقه نشان می‌دهد.

علاقمندان برای داشتن برنامهٔ کامپیوتری می‌توانند با E-mail نگارنده مکاتبه یا به آدرس http://naficy.qn.com مراجعه کنند.

جدول ۱: جهت قبلهٔ برخی شهرهای مهم ایران

نام شهر	قبله		عرض		طول	
	دقیقه	درجه	دقیقه	درجه	دقیقه	درجه
آبادان	۱۹	۴۳	۰۲	۳۰	۱۶	۴۸
اراک	۵۸	۳۶	۰۵	۳۴	۴۱	۴۹
اردبیل	۴۶	۲۵	۱۵	۳۸	۱۷	۴۸
ارومیه	۰۸	۱۷	۳۲	۳۷	۰۴	۴۵
اصفهان	۰۲	۴۶	۳۹	۳۲	۴۰	۵۱
اهواز	۲۰	۴۰	۲۹	۳۱	۴۲	۴۸
ایلام	۱۲	۲۷	۳۸	۳۳	۲۶	۴۶
بندرعباس	۳۰	۷۲	۱۱	۲۷	۱۷	۵۶
بیرجند	۱۵	۶۱	۵۲	۳۲	۱۵	۵۹
بوشهر	۱۷	۵۵	۵۸	۲۸	۵۰	۵۰
نام شهر	قبله		عرض		طول	
	دقیقه	درجه	دقیقه	درجه	دقیقه	درجه

تبریز	۱۵	۲۰	۰۵	۳۸	۱۷	۴۶
تهران	۳۵	۳۸	۴۲	۳۵	۲۹	۵۱
خرم‌آباد	۳۴	۳۴	۳۲	۳۳	۳۱	۴۸
رشت	۴۶	۳۰	۱۷	۳۷	۳۶	۴۹
زاهدان	۴۶	۷۱	۲۹	۲۹	۵۰	۶۰
زنجان	۳۵	۲۸	۳۹	۳۶	۲۸	۴۸
ساری	۵۲	۴۰	۳۴	۳۶	۰۵	۵۳
سبزوار	۱۱	۵۱	۱۲	۳۶	۳۸	۵۷
سمنان	۳۷	۴۳	۳۳	۳۵	۲۴	۵۳
سنندج	۱۷	۲۶	۱۶	۳۵	۰۰	۴۷
شهرکرد	۴۱	۴۴	۲۰	۳۲	۵۲	۵۰
شیراز	۲۱	۵۷	۳۶	۲۹	۳۲	۵۲
قزوین	۳۴	۳۳	۱۶	۳۶	۰۰	۵۰
قم	۰۹	۳۹	۳۹	۳۴	۵۳	۵۰
کرمان	۱۹	۶۴	۱۶	۳۰	۰۵	۵۷
کرمانشاه	۰۰	۲۸	۱۸	۳۴	۰۱	۴۷
گرگان	۲۶	۴۳	۵۰	۳۶	۲۶	۵۴
مشهد	۳۴	۵۴	۱۸	۳۶	۳۸	۵۹
همدان	۲۷	۳۱	۴۷	۳۴	۲۱	۴۸
یاسوج	۳۹	۵۱	۳۹	۳۰	۳۷	۵۱
یزد	۴۴	۵۴	۵۲	۳۱	۲۴	۵۴

دقیقه	ساعت	روز	ماه
۰ 52	13	1	7
۰ 57	13	6	7
۰ 2	14	11	7

دقیقه	ساعت	روز	ماه
۰ 47	14	1	1
۰ 43	14	6	1
۰ 38	14	11	1

1	16	14	34 ٠	7	16	14	6 ٠
1	21	14	29 ٠	7	21	14	12 ٠
1	26	14	24 ٠	7	26	14	17 ٠
2	1	14	19 ٠	8	1	14	22 ٠
2	6	14	14 ٠	8	6	14	28 ٠
2	11	14	9 ٠	8	11	14	33 ٠
2	16	14	5 ٠	8	16	14	39 ٠
2	21	13	60 ٠	8	21	14	44 ٠
2	26	13	55 ٠	8	26	14	50 ٠
3	1	13	50 ٠	9	1	14	55 ٠
3	6	13	46 ٠	9	6	14	60 ٠
3	11	13	43 ٠	9	11	15	4 ٠
3	16	13	40 ٠	9	16	15	8 ٠
3	21	13	37 ٠	9	21	15	11 ٠
3	26	13	36 ٠	9	26	15	14 ٠
4	1	13	38 ٠	10	1	15	12 ٠
4	6	13	36 ٠	10	6	15	12 ٠
4	11	13	35 ٠	10	11	15	11 ٠
4	16	13	35 ٠	10	16	15	10 ٠
4	21	13	36 ٠	10	21	15	8 ٠
4	26	13	37 ٠	10	26	15	6 ٠
5	1	13	40 ٠	11	1	15	3 ٠
5	6	13	43 ٠	11	6	14	59 ٠
5	11	13	47 ٠	11	11	14	54 ٠
5	16	13	51 ٠	11	16	14	49 ٠
5	21	13	56 ٠	11	21	14	44 ٠
5	26	14	2 ٠	11	26	14	37 ٠
6	1	14	9 ٠	12	1	14	31 ٠
6	6	14	16 ٠	12	6	14	24 ٠
6	11	14	23 ٠	12	11	14	16 ٠
6	16	14	30 ٠	12	16	14	9 ٠
6	21	14	38 ٠	12	21	14	1 ٠
6	26	14	46 ٠	12	26	13	53 ٠

جدول ۲: زمان انطباق سمت خورشید با سمت قبله اصفهان در روزهای مختلف سال

منابع

ـ ریاضی کرمانی، عباس؛ ***مقدمه‌ای بر نجوم عالی***، دانشگاه تهران، ۱۳۵۰ش.

ـ گلابگیر نیک، سید محمود و عدالتی، محمدتقی؛ ***اطلس قبله‌نما***، بنیاد پژوهشهای اسلامی آستان قدس رضوی، ۱۳۸۰ش.

ـ اسمارت، و. م.؛ ***نجوم کروی***، ترجمهٔ داوود محمدزاده جسور، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۷۵ش.

ـ ***American Ephemeris and Nautical Almanac***, 1995.

ـ King, D.A,. ***World-Maps for Finding the Direction and Distance to Mecca***, Brill, Brill & Al-Furqan, 1999.

ـ Ostlie, D.A., and Carroll, B.W., ***An Introduction to Modern Stellar Astrophysics***, Addison-Wesley, 1996.

ـ Zeilik, M., and Smith, E.,***Introductory Astronomy and Astrophysics***, 2nd edition, CBS College Publishing, U.S.A., 1987.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی