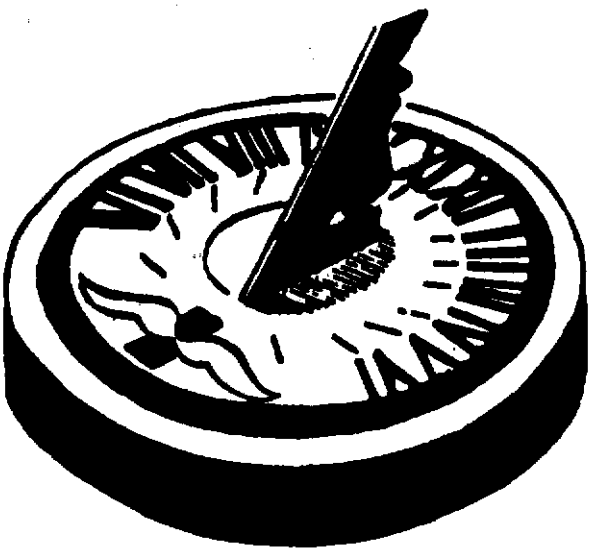
محاسبه اوقات شرعی



دکتر محمدتقی عدالتی
استادیار فیزیک نجومی دانشگاه مشهد

مقدمه

در نجوم ریاضی ، زمین را مرکز تصور کرده و حرکت اجرام آسمانی را نسبت به آن می‌سنجیم . زمین حول محورش از غرب به شرق عالم دوران می‌کندودر نتیجه تمام ثوابت بر روی دوایری به نام مدارات حول استوا در جهت شرق به غرب حرکت چرخشی را ظاهر می‌سازند . البته از دید ما ساکنین زمین سیارات و خورشید علاوه بر حرکات معمولی از شرق به غرب ، حرکت دیگری نیز از خود آشکار می‌سازند . که در نتیجه حرکت برگشتی سیارات و ایجاد مدار دایرةالبروج حاصل می‌گردند . در این مقاله با استفاده از تعریف مثلثات کروی و فرمولهای مربوطه و با توجه به‌تعاریف اذان صبح و اذان مغرب طرز محاسبه‌ساعات شرعی با روشی نسبتاً ساده درج شده است که امید است مورد استفاده همگان قرار گیرد .

شب هنگام ناظری که به آسمان می‌نگرد چنین تصور می‌کند که او در مرکز نیمکره سماوی واقع است که تمام اجرام سماوی بر روی آن نیمکره قرار دارند . ماه ، سیارات و ستارگان به نظر می‌آید که بر روی این نیمکره سماوی واقعند و جهت آنها با مواضعی که در روی سطح این نیمکره دارند تعیین شده است . برای بسیاری از مقاصد ستاره‌شناسی ، فواصل مطرح نیستند . به طوری که شعاع کره را می‌توان به‌طور دلخواه انتخاب‌کرد . با در نظر گرفتن تغییرات موضعی‌وابسته به زمان ، تعیین‌مواضع اجسام بر روی این کره لزوماً متضمن استفاده

از دستگاههای مختصات ویژه و سیستمهای ثبت زمان است. رابطه بین مواضع اجسام موجب وضع دانشی به نام هندسه کروی شد. این شاخه از ستاره‌شناسی به‌نام نجوم کروی مشهور است که قدیمی‌ترین شاخه ستاره‌شناسی است و قدمت آن حداقل به چهارهزارسال پیش بازمی‌گردد. استفاده از آن هنوز هم ضروری است، خصوصاً هنگامی که در حین محاسبه یا مشاهده موضع یک ماهواره مصنوعی یا سفینه فضایی بین سیاره‌ای به مشکلی برمی‌خوریم، لزوم آن بیشتر حس می‌شود. در این مقاله یکی از موارد استفاده نجوم کروی در باب محاسبه ساعات اوقات شرعی است که با استفاده از فرمولهای به دست آمده از ارتباط بین سیستمهای مختصات آسمانی و استفاده از تقویمهای نجومی (ALMANAC) و کاربرد شدید کامپیوتر، این مسئله به‌طور کامل حل شده است و قابل ذکر آنکه هر فرد دوستدار (آماتور) این دانش می‌تواند با در دست داشتن یک ماشین حساب کوچک، این محاسبات را انجام دهد. در این مقاله از اثبات فرمولهای به کار رفته صرفنظر شده است و فقط بعضی از واژه‌های نجومی تعریف شده‌اند. مطالب به سه دسته محاسبه ساعات شرعی ظهر، صبح و شب و طلوع و غروب خورشید تقسیم شده‌اند که جزئیات آنها در این مقاله درج شده است. در پایان مقاله جدولی جهت مختصات خورشید (زاویه بعد و میل) درج گردیده است.

الف ـ محاسبه ظهر شرعی

ظهر شرعی هنگامی است که در هر محل، خورشید به بالاترین ارتفاع خود می‌رسد و در آن لحظه زاویه ساعتی[1] خورشید (HA) برابر صفر می‌شود. برای محاسبه ساعت ظهر شرعی هر محل طرق مختلفی وجود دارد که در زیر سه طریق مهم آن بیان می‌گردد.

۱ـ استفاده از معادله زمان:

به علت حرکت وضعی زمین و بیضی بودن مدار حرکت آن به دور خورشید و همچنین به خاطر تمایل محور زمین نسبت به مدار انتقالی آن، زمان بین دو عبور متوالی خورشید از صفحه نصف ـ النهار یک محل یکسان نیست و تغییر می‌کند. از این لحاظ برای سهولت در کار ساختن ساعت، تعیین وقت و ارتباطات بین‌المللی یک خورشید فرضی را که فاصله زمانی بین دو عبور متوالی مرکز آن از یک صفحه نصف‌النهار برای تمام روزهای سال مساوی باشد در نظر می‌گیرند. محل این خورشید فرضی یا خورشید متوسط بر روی صفحه استوای سماوی می‌باشد. با توجه به مطالب ذکر شده، فاصله زمانی دو عبور متوالی مرکز خورشید حقیقی و متوسط از نصف‌النهار محل یکسان نبوده و در تمام ایام سال اختلافی بین ظهر حقیقی و ظهر متوسط وجود دارد که به آن معادله زمان می‌گویند (EqT) و می‌توان معادله زمان را برای تمام سال از جداول نجومی و یا با استفاده از فرمول زیر به دست آورد. (LMT) زمان خورشیدی متوسط محلی ـ (LAT) زمان خورشیدی حقیقی محلی = (EqT) معادله زمان یا:

$$EqT = -۱۰۵/۵\sin L + ۵۸۷/۵\sin ۱L + ۴/۳\sin ۲L - ۱۲/۷\sin ۴L - ۴۲۹/۱\cos L - ۲/۱\cos ۲L + ۱۹/۳\cos ۳L$$

که در عبارت فوق L طول متوسط خورشید بوده و از عبارت زیر به دست می‌آید:

$$L = ۲۷۹^\circ/۱۳۴ + ۰/۹۸۵۶۴۷\ d$$

d تعداد روزها و کسر روزها از ابتدای سال میلادی است و چون ظهر شرعی برای تهران معمولاً "حوالی ساعت ۱۲ اتفاق می‌افتد و ساعت ۱۲ تهران تقریباً" ساعت ۸/۵ جهانی (UT) می‌باشد، می‌توانیم در تقریب اول d را چنین بگیریم:

$$d = N + \frac{۸/۵}{۲۴}$$

البته یادآور می‌شویم که برای سایر شهرها می‌توان طول جغرافیایی آنها را به ساعت تبدیل کرده و اختلاف آن با ۳/۵ ساعت را به ۸/۵ ساعت اضافه (شهرهای شرقی) و یا کم (شهرهای غربی) نمود. N شماره روز سال میلادی می‌باشد.

رابطه بین معادله زمان و ظهر هر نقطه‌ای از کشور ایران به طول جغرافیایی λ° عبارت است از:

ظهر شرعی محلی به طول جغرافیایی λ° به وقت ایران

$$= ۱۲^h - \frac{EqT \text{ ثانیه}}{۳۶۰۰} - \frac{\lambda^\circ}{۳۶۰} + C \times \Delta T - \Delta T + ۳/۵^h$$

که C برابر است با ۱/۰۰۲۷۳۸ و ΔT اختلاف زمان زجسی[2] (Ephemeris) و زمان جهانی (UT) برحسب ساعت می‌باشد. این اختلاف حدود ۵۳ ثانیه یا ۰/۰۱۴۷ ساعت بوده لذا عبارت $۱۲^h + C \times \Delta T - \Delta T + ۳/۵^h$ را می‌توانیم ادغام کرده و عبارت کلی زیر را برای محاسبه ظهر شرعی هر محل با طول جغرافیایی λ° به دست آورد:

$$\text{ظهر شرعی هرمحل با طول } \lambda^\circ = ۱۵/۵ - \frac{EqT}{۳۶۰۰} - \frac{\lambda}{۳۶۰}$$

۲ـ استفاده از ظهر گرینویچ:

برای به‌دست‌آوردن ظهر هرمحل به‌وقت رسمی کشور جمهوری اسلامی ایران می‌توان با داشتن جدول زمان عبور خورشید از نصف ـ النهار گرینویچ از فرمول زیر به دست آورد:

$\Delta t + \frac{\lambda^\circ}{15} - 3/5^h$ + ظهرگرینویچ = ظهرمحل (به‌وقت‌رسمی‌ایران)

که Δt اختلاف زمانی است که در ظهر محل به واسطه حرکت خورشید در طی تقریبا" ۳/۵ ساعت به‌وجود می‌آید. به عبارت دیگر، چون ظهر ایران تقریبا" ۳/۵ ساعت زودتر از ظهر گرینویچ رخ می‌دهد، خورشید در این فاصله تقریبا" $\frac{1}{7}$ درجه روی دایرةالبروج حرکت نموده است.

لازم به تذکر است که مقدار Δt هر سال متغیر است و در سال ۱۹۸۷ مقدار آن ۵۷ ثانیه بوده است.

۳ـ استفاده از تعریف ظهر:

طبق تعریف ظهر، زاویه ساعتی خورشید باید صفر باشد $HA = 0$ لذا طبق روابطی که بین زاویه بعد (قوسی از استوای عالم محدود بین نیم‌دایره ساعتی ستاره و نیم‌دایره ساعتی نقطه‌اعتدال بهاری در جهت خلاف حرکت مقربه‌های ساعت)، زاویه ساعتی و زمان نجومی محلی (LST، زمان دوران زمین نسبت به ستارگان غیر از خورشید) می‌توانیم بنویسیم:

$$HA = LST - RA$$

یا

$$LST = RA_\odot \quad (۱)$$

هنگام ظهر

LST، زمان نجومی محلی با GST که زمان نجومی گرینویچ است به اندازه $\frac{\lambda^\circ}{15}$ ساعت اختلاف دارد، لذا:

$$GST^h = RA_\odot^h - \frac{\lambda^\circ}{15} \quad (۲)$$

اما بین GST و UT (زمان‌جهانی) یک رابطه نسبتا" دقیقی وجود دارد (با تقریب دهم ثانیه)، بنابراین، می‌توان ابتدا UT را یافت و سپس آن را به وقت استاندارد رادیو ایران برگرداند:

$$GST^h = RA_\odot^h - \frac{\lambda^\circ}{15}^h \quad (۳)$$

$$GST^h = C \times UT^h + T_0^h \quad (۳)$$

که

$$T_0 = N \times A - B \quad (۴)$$

اعداد A و C ثابت هستند و عبارتند از:

$$A = 0/065709\text{۸} \qquad C = 1/00273\text{۸}$$

و جدول زیر مقدار عددی B را برای سالهای آینده نشان می‌دهد:

سال	B
۱۹۸۶	۱۷/۳۷۵۵۳۹
۱۹۸۷	۱۷/۳۹۱۴۵۳
۱۹۸۸	۱۷/۴۰۷۳۶۸
۱۹۸۹	۱۷/۳۵۷۵۷۳
۱۹۹۰	۱۷/۳۷۳۴۸۷
۱۹۹۱	۱۷/۳۸۹۴۰۲
۱۹۹۲	۱۷/۴۰۵۳۱۶
۱۹۹۳	۱۷/۳۵۵۵۲۱
۱۹۹۴	۱۷/۳۷۱۴۳۵
۱۹۹۵	۱۷/۳۸۷۳۴۹
۱۹۹۶	۱۷/۴۰۳۲۶۳
۱۹۹۷	۱۷/۳۵۳۴۶۸
۱۹۹۸	۱۷/۳۶۹۳۸۲
۱۹۹۹	۱۷/۳۸۵۲۹۷
۲۰۰۰	۱۷/۴۰۱۲۱۱

عدد N طبق تعریف عبارت است از تعداد روزهای سپری شده از روز قبل از شروع سال میلادی است. جدول زیر تعداد روزهای هر ماه میلادی را بیان می‌کند:

ژانویه ۳۱ روز	مه ۳۱ روز	سپتامبر ۳۰ روز	
فوریه ۲۸ روز (برای کبیسه ۲۹ روز)	ژوئن ۳۰ روز	اکتبر ۳۱ روز	
مارس ۳۱ روز	ژوئیه ۳۱ روز	نوامبر ۳۰ روز	
آوریل ۳۰ روز	اوت ۳۱ روز	دسامبر ۳۱ روز	

از فرمول (۳) نتیجه می‌شود:

$$UT = \frac{1}{C}\left(GST^h - T_0^h\right) \quad \text{برای ظهر شرعی}$$

و پس از وارد کردن فرمول (۴):

$$UT = \frac{1}{C}\left(GST - N \times A + B\right) \quad (۵) \quad \text{برای ظهر شرعی}$$

همچنین با در نظر گرفتن فرمول (۲) خواهیم داشت:

$$UT = \frac{1}{C} \times \left\{ RA_\odot^h - \frac{\lambda^\circ}{15} - N \times A + B \right\} \quad \text{برای ظهر شرعی}$$

و چون وقت رسمی ایران با وقت گرینویچ ۳/۵ ساعت اختلاف دارد، نتیجه می‌گیریم که:

$$\text{ظهر شرعی به‌افق محل} = \frac{1}{C}\left\{ RA_\odot^h - \frac{\lambda^\circ}{15} - N \times A + B \right\} + 3/5^h \quad (۶)$$

البته در مورد کاربرد فرمول (۶) بایستی به دو نکته توجه داشت:

اول ـ با جایگزینی اعداد در این فرمول ممکن است ضریبی از روز (۲۴ ساعت) را کم یا زیاد بدهد که در اینگونه موارد بایستی ضرائبی از ۲۴ را کم یا اضافه نمود تا وقت زوال بین ۰ و ۲۴ قرار گیرد.

دوم ـ باید توجه کنیم که $RA_\odot$ در فرمول فوق (۶) مربوط به هنگام ظهر نمی‌باشد، درصورتی‌که جداول زیجی آن‌را برای UT^h ۰ یعنی ۳/۵ صبح به‌وقت ایران درج کرده‌اند، لذا $RA_\odot$ باید تصحیح شود، با توجه به‌حرکت سالیانه‌خورشید، در طی ۸/۵ ساعت اختلاف زاویه بعد با زاویه بعد مندرج در جداول زیجی حدود ۱/۵ دقیقه

است که با در نظرگرفتن این جزئیات یکی دو دقیقه‌ای در ساعت ظهر شرعی تغییر می‌دهد.

ب ـ محاسبه اوقات شرعی صبح صادق و مغرب

اذان‌های صبح و مغرب نیز از روی تعریف زاویه سمت‌الرأسی خورشید کاملا" مشخص می‌شوند. زاویه‌سمت‌الرأسی خورشید درهنگام صبح شرعی ۱۰۸ درجه (یعنی هنگامی که مرکز خورشید به اندازه ۱۸° زیر افق قرار گیرد که این لحظه آغاز بین الطلوعین نجومی یا فلق می‌باشد) و برای اذان مغرب ۹۴/۸° (طبق مشاهده نویسنده مقاله‌وسایر همکاران در دانشگاه‌مشهد) و تقریبا" ۹۶° (طبق‌محاسبه دانشگاه تهران) انتخاب می‌شود. در مورد مغرب شرعی یعنی لحظه‌ای که مرکز خورشید ۴/۸° یا ۶° زیر افق واقع می‌گردد.

با توجه به مختصات خورشید در سیستم افقی و استوائی، رابطه بین زاویه‌سمت‌الرأسی ($\hat{Z}$) و زاویه ساعتی (HA) به‌صورت زیر می‌باشد:

$$Cos\ \hat{Z} = Sin\ \delta\ Sin\ \phi + Cos\ \delta\ Cos\ \phi\ Cos\ (HA)$$

که δ میل آفتاب و ϕ عرض جغرافیایی محل می‌باشد. رابطه‌فوق را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$HA = ACS\left\{\frac{Cos\ \hat{Z}}{Cos\ \delta\ Cos\ \phi} - tg\phi\ tg\ \delta\right\}$$ بر حسب درجه

در اینجا باید یک نکته مهم را در نظر داشت و آن این‌است که HA برای مغرب شرعی برحسب درجه کمتر از ۱۸۰° و برای صبح شرعی بیشتر از ۱۸۰° است. لذا در مورد صبح شرعی بایستی از فرمول:

$$(HA)_{\text{صبح}} = \frac{1}{15}\left\{360^\circ - ACS\left(\frac{Cos\ \hat{Z}}{Cos\ \delta\ COS\phi} - tg\phi\ \ tg\delta\right)\right\} \quad (۷)$$ برحسب ساعت

و برای مغرب شرعی از فرمول:

$$(HA)_{\text{مغرب}} = \frac{1}{15}\left\{ACS\left(\frac{Cos\ \hat{Z}}{Cos\ \delta\ Cos\ \phi} - tg\phi\ tg\delta\right)\right\} \quad (۸)$$ برحسب ساعت

استفاده کنیم. همچنین از قبل داشتیم:

$$HA^h = LST^h - RA^h$$

$$= GST^h + \frac{\lambda^\circ}{15} - RA^h$$

$$= C \times UT^h + N \times A - B + \frac{\lambda^\circ}{15} - RA^h$$

$$= C \times (\text{صبح شرعی}\ {}^h - 3/5^h) + N \times A - B + \frac{\lambda^\circ}{15} - RA^h$$

$$\text{صبح شرعی} = \frac{1}{C} \times \left\{HA^h + RA^h - \frac{\lambda^\circ}{15} - N \times A + B\right\} + 3/5^h$$

البته فرمول فوق برای ساعت ۳ و ۲۶ دقیقه تا ساعت ۳ و ۳۰ دقیقه بامداد دقت کمتری دارد ولی‌برای بقیه ساعات تا $\frac{1}{10}$ ثانیه دقت دارد. نتیجتا" فرمول زمانی برای صبح شرعی عبارت خواهد بود از:

$$\text{صبح شرعی برای هر محل به ساعت رادیو ایران} = 3/5^h + \frac{1}{C} \times \left\{24 - \frac{1}{15} \times ACS\left(\frac{Cos\ \hat{Z}}{Cos\ \delta\ Cos\phi} - tg\phi tg\delta\right) + RA^h - \frac{\lambda^\circ}{15} - N \times A + B\right\} \quad (۹)$$

و برای مغرب شرعی:

$$\text{مغرب شرعی هر محل به ساعت رادیو ایران} = 3/5^h + \frac{1}{C} \times \left\{\frac{1}{15}\ ACS\left(\frac{Cos\ \hat{Z}}{Cos\ \delta\ Cos\phi} - tg\delta tg\phi\right) + RA^h - \frac{\lambda^\circ}{15} - N \times A + B\right\} \quad (۱۰)$$

چنانچه‌کمیت‌های‌مربوطه را به‌دقت در فرمولهای‌فوق جایگزین کنیم، نتایج دقیقی حاصل می‌شوند و تنها تصحیحات لازم درمورد آنها، مربوط به انکسار، پارالاکس و قطر ظاهری خورشید است. چنانچه مختصات مرکز خورشید و زاویه سمت‌الرأسی مرکز خورشید مطرح باشد، در این صورت فقط بایستی به انکسار و پارالاکس توجه داشته باشیم.

تصحیح انکسار و پارالاکس (اختلاف منظر)

با توجه به اینکه معمولا" مقدار پارالاکس از ۹ ثانیه قوسی (یا یک ثانیه زمانی) تجاوز نمی‌کند، لذا از آن صرفنظر می‌شود و مشکلی ایجاد نمی‌گردد. اندازه انکسار تقریبا" ۳۴ دقیقه قوسی برای طلوع آفتاب است که اگر همین مقدار را برای صبح شرعی نیز به کار بریم، معادل آن به دقیقه زمانی عبارت خواهد بود از:

دقیقه زمانی	دقیقه قوسی
X = ۲/۳ دقیقه	۶۰ × ۳۴ / ۳۶۰
یا تقریبا" دو دقیقه.	X

حال مسئله در این است که آیا زاویه سمت‌الرأسی خورشید در هنگام صبح شرعی با در نظرگرفتن انکسار ۱۰۸° است یا بدون در نظر گرفتن انکسار است. در صورت اول احتیاجی به در نظر گرفتن مجدد این تصحیح نیست و در صورت دوم زمان محاسبه‌شده توسط فرمولهای‌قبلی را بایستی‌پس از کسر۲ دقیقه به کار برد، زیرا انکسار موجب می‌شود که زاویه سمت‌الرأسی خورشید ۲ دقیقه زودتر از موعد مقرر به ۱۰۸ درجه برسد. در مورد مغرب شرعی، خورشید حقیقی (ظاهری) ۲ دقیقه دیرتر از آنچه که محاسبه شده است به زاویه سمت‌الرأسی ۹۴/۸° (دانشگاه مشهد) و یا ۹۶° (دانشگاه تهران) می‌رسد.

منشاء اختلافات بین‌ساعات‌شرعی را می‌توان‌عمدتا" در عدم

قطعیت ارقام اولیه ($\bar{z}$ ، ϕ ، δ ، $RA_{\odot}$ و λ) دانست وگرنه فرمولها کم و بیش یکسان است .

به هرحال برای محاسبه ساعات صبح و مغرب شرعی می‌توان با توجه به نکات زیر از فرمولهای (۹) و (۱۰) استفاده کرد :

اولا"ـ $\bar{z}$ ، δ ، ϕ و λ را به‌درجه و اعشار درجه به‌کار ببرید .

ثانیا"ـ $RA_{\odot}$ را به ساعت و اعشار ساعت به‌کار برید .

ثالثا"ـ توجه داشته باشید که $RA_{\odot}$ و $\delta_{\odot}$ (زاویه‌بعد ومیل خورشید) در طول روز ثابت نمی‌ماند و به خصوص در مورد مغرب شرعی $RA_{\odot}$ و $\delta_{\odot}$ نسبت به آنچه که در تقویم نجومی نوشته شده اندکی تغییر کرده است که بدون شک چند دقیقه‌ای در زمانهای استخراج شده ، اختلاف ایجاد می‌کند . اگر مختصات خورشید را به کمک رابطه زیر در تبدیل طول دایرةالبروجی ($\lambda_{\odot}$) خورشید به زاویه بعد ($RA_{\odot}$) و میل آن ($\delta_{\odot}$) حساب کنیم و توجه داشته باشیم که طول دایرةالبروجی خورشید روزانه تقریبا" ۱ درجه زیاد می‌شود ، می‌توان کمیات $RA_{\odot}$ و $\delta_{\odot}$ را دقیق‌تر به دست آورد و در نتیجه زمانهای شرعی درست‌تری را استخراج نمود :

$$RA_{\odot} = tg^{-1}\left\{\frac{\sin\lambda_{\odot}\cos\xi - tg\beta_{\odot}\sin\xi}{\cos\lambda_{\odot}}\right\} \qquad (11)$$

$$\delta_{\odot} = \sin^{-1}\left\{\sin\beta_{\odot}\cos\xi + \cos\beta_{\odot}\sin\xi\sin\lambda_{\odot}\right\} \qquad (12)$$

که ξ تمایل دایرةالبروج و برابر ۲۳ درجه و ۲۷ دقیقه و β عرض دایرةالبروجی خورشید و برابر صفر درجه و $\lambda_{\odot}$ طول دایرةالبروجی خورشید است .

به عنوان مثال از ساعت ۳/۵ صبح (یعنی زمانی که $RA_{\odot}$ و $\delta_{\odot}$ در تقویم نجومی برای آن ساعت نوشته شده) تا ساعت ۶ بعد از ظهر (تقریبا" موعد مغرب شرعی) ۱۴/۵ ساعت یا $\frac{14/5}{24}$ روز ، خورشید طی مسیر کرده و طبق تناسب زیر داریم :

$\lambda_{\odot}$ طی شده	روز
360°	۳۶۵/۲۵
$X = 0/6^{\circ}$	$\frac{14/5}{24}$

یعنی در طی مدت ۱۴/۵ ساعت کمیت $\lambda_{\odot}$ به اندازه ۰/۶ درجه افزایش یافته‌است و درنتیجه باید ۰/۶ درجه را به $\lambda_{\odot}$ برای ساعت ۳/۵ صبح (ساعت صفر UT) اضافه کرد و با استفاده از آن $RA_{\odot}$ و $\delta_{\odot}$ را با کمک روابط (۱۱) و (۱۲) به دست آورده و وارد فرمولهای اذان صبح و مغرب نمائیم . درمورد ظهر شرعی هم بایستی همین کار صورت گیرد .

رابعا"ـ صبح شرعی یا مغرب شرعی که طبق فرمولها به دست می‌آید ، ساعت و اعشار ساعت را نشان می‌دهند ، اما اغلب اتفاق می‌افتد که یا منفی است و یا از ۲۴ ساعت بیشتر است . بنابراین ، اگر منفی بود ، باید ۲۴ ساعت به آن اضافه کنید و اگر از ۲۴ ساعت بیشتر بود ، باید ۲۴ را از آن کم کنید و سپس اعشار آن را به دقیقه و ثانیه تبدیل کنید .

ج ـ محاسبه ساعات طلوع و غروب خورشید

زاویه‌سمت‌الرأسی خورشید در هنگام طلوع و یا غروب با توجه به قطر خورشید مساوی ۹۰/۸۳۳۳ درجه می‌باشد یعنی لحظه طلوع و یا غروب آفتاب موقعی است که خورشید ۳۲ دقیقه زیر افق قرار دارد . با توجه به این مطلب می‌توان به سادگی از فرمولهای (۹) و (۱۰) در مورد ساعات صبح و مغرب شرعی با تغییر زاویه سمت ـ الرأسی آفتاب به $90^{\circ}/8333$ ($\bar{z}$) استفاده کرد .

$$\text{طلوع آفتاب برای هرمحل به ساعت رادیو ایران} = 3/5^{h} + \frac{1}{c}\times\left\{24 - \frac{1}{15}ACS\left(\frac{\cos\bar{z}}{\cos\delta\cos\phi} - tg\,\phi tg\delta\right) + RA_{\odot}^{h} - \frac{\lambda^{\circ}}{15} - N\times A + B\right\}$$

و برای غروب :

$$\text{غروب آفتاب برای هرمحل به ساعت رادیو ایران} = 3/5^{h} + \frac{1}{c}\times\left\{\frac{1}{15}ACS\left(\frac{\cos\bar{z}}{\cos\delta\cos\phi} - tg\,\delta\,tg\phi\right) + RA_{\odot}^{h} - \frac{\lambda^{\circ}}{15} - N\times A + B\right\}$$

در پایان یادآور می‌شود کلیه نکاتی که در مورد محاسبه ساعات صبح و مغرب شرعی و همچنین ظهر محل رعایت می‌شد عینا" در مورد محاسبه ساعات طلوع و غروب خورشید نیز صادق است .

یادداشتها

۱ـ زاویه ساعتی عبارت است از قوسی از استوای سماوی محدود بین نصف‌النهار محل و دایره ساعتی ستاره یا خورشید (نیم دایره‌ای که از ستاره و قطب شمال و جنوب سماوی می‌گذرد) و جهت آن در جهت گردش عقربه‌های ساعت می‌باشد .

۲ـ واژه زمان زیجی ، عبور خورشید از نصف‌النهار زیجی (نصف‌النهاری زمینی که به اندازه ΔT ۰۰/۲۷۳۸ درشرق گرینویچ قرار دارد) می‌باشد و زمان جهانی (UT) ، عبور خورشید از نصف‌النهار گرینویچ را بیان می‌دارد .

منابع

1- The Astronomical Almanac,1987.

2- Practical Astronomy with your Calculator, by Peter Duffett-Smith,2nd ed.,1981.

3- Astronomy: Principle and Practice,by Roya Clarke,1981.