



روش‌های تقویم‌نگاری و مکبوس‌گیری نوین

دکتر احسان توابی

عضو هیئت علمی دانشگاه پیام‌نور
و
عضو شورای تقویم دانشگاه تهران

امروز کتابخوانی و علم‌آموزی نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.^۱

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتابخوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پر بار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه مطالعه هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین سوره‌ای که بر آن فرستاده عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد

1. <https://farsi.khamenei.ir/message-content?id=2696>

شده است: «إِقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده اند.

دانشگاه پیام نور با گستره جغرافیایی ایران شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه جا و همه وقت، به عنوان دانشگاهی کتاب محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره گیری از تجربه های گرانقدر استادان و صاحب نظران برجسته کشورمان، کتاب ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه مهم و خطیر یاری رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه خطیر یاری می رسانند، سپاسگزاری می نمایم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام نور را منزلگاه اندیشه سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام نور

فهرست مطالب

نه	پیشگفتار
۱	فصل اول: زمان
۳	زمان نجومی
۳	زمان خورشیدی
۴	زمان خورشیدی متوسط
۴	زمان خورشیدی ظاهری
۷	تعدیل زمان
۸	معادله تعدیل زمان
۹	زمان محلی
۱۰	زمان جهانی
۱۰	زمان عرفی یا زمان مدنی
۱۰	زمان استاندارد
۱۱	تقسیم‌بندی روز
۱۴	انواع زمان‌ها
۱۵	زمان اتمی
۱۶	ثانیه کیسه
۱۷	دقیقاً این یک ثانیه چیست؟
۱۷	اضافه کردن ثانیه
۱۹	فصل دوم: بررسی تاریخی گاهشماری
۲۱	گاهشماری قبل از هخامنشیان
۲۲	گاهشماری میترایی
۲۳	گاهشمار زرتشتی
۲۳	گاهشمار مادی

۲۴	گاهشماری مغان
۲۴	گاهشماری اوستایی کهن
۲۵	هخامنشیان
۲۵	گاهشماری پارسی قدیم
۲۵	گاهشماری فرس (fars) قدیم
۲۷	تقویم دینی مزدیسنا
۳۰	گاهشماری اوستایی نو
۳۲	گاهشماری مهی
۳۲	تقویم هجری شمسی بُرجی
۳۴	گاهشماری هجری شمسی
۳۶	تقویم عبری
۴۳	تقویم بابلی سریانی اسکندر ذوالقرنین (تقویم رومی)
۴۵	طبایع فصل‌ها و ماه‌ها
۴۶	هنگام‌شناسی ماه‌های اسکندری
۴۶	تقویم پارسیان باستان (تقویم فرسی) با کیسه جلالی
۴۷	گاهشماری در زمان سلوکیان
۴۸	گاهشماری در زمان ساسانیان
۴۸	گاهشماری بهیزکی
۴۹	دلایل ایجاد گاهشماری بهیزکی
۴۹	گاهشماری یزدگردی
۵۰	گاهشماری خراجی
۵۰	گاهشماری مصری
۵۱	تقویم میلادی مسیحی (تقویم گریگوری)
۵۱	آشنایی با تقویم میلادی مسیحی
۵۵	گاهشماری یونان
۵۵	گاهشماری جلالی
۵۶	گاهشماری یهود
۵۷	گاهشماری رومی یا ژولیانی
۵۷	گاهشماری قمری
۵۸	گاهشماری حیوانی
۵۹	پیشینه
۵۹	تغییرات در عصر صفویه
۶۰	ریشه و خاستگاه
۶۰	نام سال‌ها
۶۱	اعتقادات عامه
۶۱	نحوه استخراج

۶۲	گاهشماری خانی
۶۳	گاهشماری در ایران در طول تاریخ
۶۵	گاهشماری شاهنشاهی
۶۶	تاریخچه تقویم هجری قمری
۶۷	تقویم هجری قمری هلالی
۶۸	طول ماه هلالی
۷۰	دقت تقویم هجری قمری قراردادی
۷۱	تقویم کره‌ای
۷۲	جشن‌های مرسوم
۷۳	گاهشماری چینی
۷۳	تقویم عمومی کشور هند
۷۴	تقویم مایان (سرخپوستان آمریکا)
۷۵	انواع تقویم مایان
۷۵	شمارش دراز
۷۶	تقویم هاب
۷۶	تقویم تزولکین
۷۷	گاهشماری انقلابی فرانسه

۷۹	فصل سوم: پایه‌های نجومی گاهشمار
۷۹	شبانه‌روز خورشیدی حقیقی یا متغیر
۸۰	شبانه‌روز نجومی
۸۱	شبانه‌روز خورشیدی متوسط
۸۱	روز
۸۲	روز خورشیدی
۸۲	روز خورشیدی متوسط
۸۳	روز نجومی
۸۳	روز جولیان
۸۵	سال اعتدالی
۸۷	میانگین طول سال برای سال ۲۰۰۰
۹۱	چرخه اعتدالی شب و روز
۹۱	تفاضل سال اعتدالی با نجومی
۹۲	سال اعتدالی و تقویمی
۹۳	انحراف محور زمین
۹۵	حرکت در زمینه ستاره‌ای
۹۶	تحویل

۱۰۱	فصل چهارم: پایه‌های تقویم خورشیدی
۱۰۱	رصدخانه‌ها
۱۰۲	رصدخانه مراغه
۱۰۷	رصدخانه شهر گور
۱۱۰	رصدخانه اُلغ‌بیگ
۱۱۴	رصدخانه‌های معروف
۱۱۴	رصدخانه ماونت پالومار
۱۱۴	رصدخانه سارس ویلز
۱۱۵	رصدخانه‌های نیمکره جنوبی
۱۱۵	رصدخانه‌های رادیویی
۱۱۶	مائوناکیا
۱۱۷	فصل پنجم: سال‌های کیسه و مکبوس‌گیری
۱۱۷	کیسه‌گیری
۱۱۹	کیسه‌گیری در تاریخ
۱۱۹	گاهشماری حسابی احمد بیرشک
۱۲۰	گاهشماری حسابی بهروز-بیرشک
۱۲۱	گاهشماری جلالی-خیامی
۱۲۱	گاهشماری رومی یا ژولینی
۱۲۲	گاهشماری حسابی رایانه‌ای
۱۲۳	زیر دوره‌ها
۱۲۳	دوره ۱۲۰ ساله
۱۲۵	دوره ۱۲۸ ساله
۱۲۵	دوره ۱۶۱ ساله
۱۲۵	دوره ۲۲۰ ساله
۱۲۶	دوره ۵۹۰ ساله
۱۲۶	دوره ۶۷۳ ساله
۱۲۷	دوره ۲۸۲۰
۱۲۸	مکبوس‌گیری به روش نوین
۱۳۳	کلام پایانی
۱۳۷	پیوست
۱۴۳	منابع

پیشگفتار

یافتن رهیافت‌های علمی و مطالعه و ارائه روش‌های نوین برای حفظ و افزایش دقت گاهشماری ایرانی یکی از وظایف و نیازهای منجمان و گاهشماران عصر حاضر محسوب می‌شود، و بحث در زمینه اولویت و اهمیت ارزش‌دهی به یکی از بهترین تقویم‌های تاریخی و فعلی زنده حیات بشری، نیازی به توضیحات و توجیهات نداشته و همگان بر آن واقفیم.

در تصنیف کتاب کنونی، سعی بر آن بوده که گزارش مبسوطی از روند تاریخی تحول و تکامل گاهشماری، تأثیرات پیشرفت‌های رصدی، نجومی در درک بهتر و دقیق‌تر تدوین دقیق و کاربردی گاهشماری مدرن براساس رویکرد حفظ منابع تاریخی و ریشه‌های علمی گذشتگان، در عین حال استفاده به‌روز از روش‌های محاسباتی نوین، مد نظر بوده و از سروران عزیز و دانشجویان بسیار گرامی که در تدوین، نگارش و تصنیف کتاب کنونی مرا یاری کردند، کمال سپاس را دارم. جا دارد با ذکر نام از خانم الناز امیرخانلو، مهری حیدری، معصومه تاره، عفیفه افشارچی صمیمانه تقدیر و تشکر کنم.

در انجام مباحث علمی و فنی مرتبط با این دستاورد پژوهشی تمامی همکاران و اعضای مرکز تقویم دانشگاه تهران که مرجع تنظیم و نشر تقویم رسمی کشور می‌باشد، از صمیم قلب تشکر می‌کنم. آقایان مصطفی میرسلیم، آقای فاسملو عزیز، آقای سهرابی، آقای عبادی، دکتر موحذن‌زاده، دکتر سمیعی، دکتر کلایلی، دکتر گیاهی یزدی، دکتر حسن‌زاده، پروفیسور عجب‌شیری‌زاده و استاد صیادی و سایر سروران گرامی که مباحثه‌های این عزیزان را در حصول به نتیجه نهایی بسیار ارزشمند می‌دانم، کمال امتنان خود را ابراز می‌دارم.

احسان توایی

عضو شورای تقویم دانشگاه تهران

و دانشیار دانشگاه پیام‌نور

فصل اول

زمان

انسان از آغاز گذر زمان را در رؤیت بصری خود با حرکت اجرام آسمانی نسبت به زمین می‌سنجیده است، ساعت و وقت خود را با حرکت خورشید در آسمان و سایه اشیاء در زمین، اندازه‌گیری کرده است. گذر روز و شب را با طلوع و غروب خورشید، شناخته است.

پس از گذشت زمان برای رفع نیازهای اولیه خود نیازمند دانستن زمان است. برای شکار، کوچ کردن به‌دست‌آوردن گیاهان مورد نیاز و همین‌طور برای فرار از گرما و سرما، پس‌اندیشید هر اتفاقی بعد مدتی دوباره تکرار می‌شود برای همین سعی کرد تعداد غروب‌ها و طلوع‌های خورشید را حفظ کند. برای ماهیگیری باید زمان خاصی به دریا رفت و حرکت ماه را زیرنظرگرفت و پی برد در زمان خاصی از یک برهه آب دریا کم و زیاد می‌شود. سپس با ملاحظه وضعیت شکل ماه در آسمان توانست تقویم ماهانه خود را بسازد. در این قسمت سعی بر این شده است که با تعریف غیردقیق از دوره تناوب حرکت وضعی زمین و زمان‌های گوناگون که در گاهشماری استفاده می‌شود با پایه‌های اولیه ساخت یک گاهشمار آشنا شویم و چگونگی ساخت یک تقویم را مورد بررسی قرار دهیم. اندازه‌گیری زمان در گاهشماری عمدتاً بر سه حرکت استوار است: حرکت وضعی زمین، حرکت انتقالی زمین و حرکت انتقالی ماه به دور زمین.

ثانیه‌ها، دقیقه‌ها، ساعت‌ها، روز، هفته، ماه و سال همه با حرکت زمین به‌وجود می‌آید. چرخش زمین ثانیه، دقیقه، ساعت و روز را برای ما رقم می‌زند. هفته و ماه

برحسب حرکت مداری ماه است و گردشش به دور خورشید سال را به وجود می‌آورد. یک خط فرضی از نقطه شمالی افق به نام سمت‌الراس به نقطه جنوبی افق نصف‌النهار سماوی را به وجود می‌آورد.

یک روز عبارت است از فاصله زمانی بین دو گذار بالایی متوالی یک نقطه مرجع سماوی. یک گذار زمانی اتفاق می‌افتد که یک نقطه مرجع سماوی یا یک جرم در حال عبور به طرف غرب نصف‌النهار سماوی را قطع کند.

اعتدال بهاری نقطه صفر برای زمان نجومی است و اندازه روز نجومی در فواصل مساوی به طور دلخواه ۲۴ ساعت در نظر گرفته شده است. هر ساعت نجومی از ۶۰ دقیقه نجومی و هر دقیقه نجومی از ۶۰ ثانیه نجومی تشکیل شده است. زمانی که نقطه اعتدال بهاری روی نصف‌النهار سماوی ما قرار می‌گیرد زمان نجومی بر روی عدد صفر ساعت و صفر دقیقه و صفر ثانیه تنظیم می‌شود. هر ۱۵ درجه چرخش زمین نسبت به ستارگان از نقطه اعتدال بهاری معادل یک ساعت است.

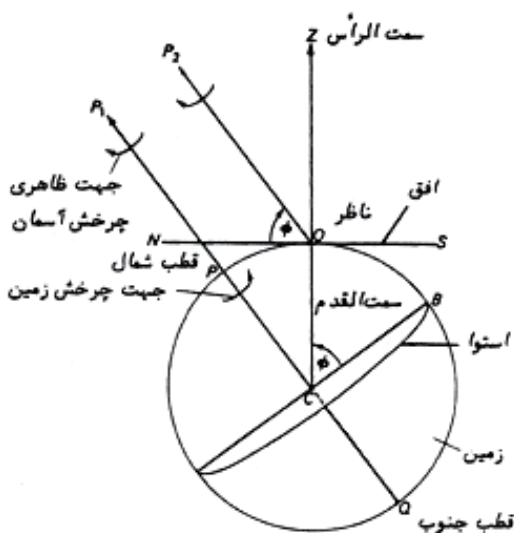
فاصله یک جسم سماوی به طرف غرب یا شرق از نصف‌النهار زاویه ساعتی نامیده می‌شود. زاویه ساعتی نقطه اعتدال بهاری را به عنوان زمان نجومی محلی تعریف می‌کنند. نقطه اعتدال بهاری در هر سال تقریباً به اندازه ۵۰ ثانیه به طرف غرب پیش می‌رود. بنابراین دوره تناوب واقعی زمین ۰,۰۰۸ ثانیه طولانی‌تر از یک روز نجومی است. (و.م. اسمارت، نجوم کروی)

زمان را می‌توان برپایه‌ی طبیعی و یا برپایه نوسان‌های مغناطیسی تقسیم کرد. زمان طبیعی، نجومی و خورشیدی، هر دو برپایه حرکت اجرام آسمانی است و می‌توان آن‌را از حرکت هر جرم آسمانی که فقط زیر تأثیر گرانش باشد و تقریباً هیچ نیروی دیگری بر آن اثری نداشته باشد حساب کرد (بیرشک، زمان).

زمان نجومی در هر لحظه در یک محل معین زاویه ساعتی نقطه اعتدال بهاری است. به‌خاطر حرکت تقدیمی و رقص محوری (ناوش)، استوای سماوی را نمی‌توان دایره‌ای ساکن در نظر گرفت. نقطه اعتدال بهاری باید نقطه‌ای بر روی کره سماوی در نظر گرفته شود که به‌طور آهسته نسبت به ستاره‌ها حرکت می‌کند (زیلیک و اسمیت).

زمان نجومی

عبارت است از زاویه ساعتی نقطه اعتدال بهاری نسبت به نصف النهار ناظر. یعنی زاویه ای که نقطه اعتدال بهاری بر استوا با محل تقاطع نصف النهار ناظر و استوا می سازد. این در واقع زمان نجومی حقیقی است و می توان با حذف تغییرات حاصل از رقص محوری زمین، زمان نجومی یکنواخت را نیز تعریف کرد. در فصل های بعد به تعریف دقیق تری خواهیم پرداخت.



شکل ۱-۱. موارد مربوط به موضع ناظر در روی زمین

زمان خورشیدی (Solar time)

زمانی است که به وسیله حرکت ظاهری خورشید اندازه گیری می شود. یکای این اندازه گیری شبانه روز است که در حقیقت بر پایه تناوب حرکت وضعی زمین نسبت به خورشید سنجیده می شود و کهن ترین روش اندازه گیری برای بشر بوده است. زمان خورشیدی دو گونه ظاهری (حقیقی یا متغیر) و متوسط (میانگین یا استاندارد یا رسمی) است.

این زمان را به روش های گوناگونی می توان اندازه گرفت. برای نمونه موقعیت ظاهری خورشید در کره آسمان (کره ای فرضی است که با زمین هم مرکز است و شعاع بسیار بزرگی دارد). زمان های محلی را نیز می توان با طول جغرافیایی به دست آورد.

زمان خورشیدی متوسط (mean solar time)

مدار زمین به دور خورشید دایره نیست. فاصله زمین از خورشید در طول یک سال ثابت نمی‌ماند. به همین دلیل سرعت گردش زمین به دور خورشید نیز ثابت نیست. یعنی سرعت حرکت مداری زمین زمانی که زمین به خورشید نزدیک‌تر است، بیشتر از زمانی است که زمین از خورشید دورتر است (خورشید در نقطه قرین (دوم ژانویه) سریع‌تر از نقطه بعید (سوم ژوئیه) به طرف شرق حرکت می‌کند. یعنی روز خورشیدی ظاهری در قرین طولانی‌تر از بعید خورشیدی است). برای آنکه طول روز ثابتی برای اندازه‌گیری زمان داشته باشیم به جای خورشید حقیقی از خورشید متوسط استفاده می‌کنند. خورشید متوسط برخلاف خورشید حقیقی که روی دایرة البروج حرکت می‌کند یک نقطه فرضی است که بر روی استوای سماوی جابه‌جا می‌شود و سرعت ظاهری آن در طول سال ثابت است.

روز اول بهار خورشید حقیقی و خورشید متوسط هر دو بر نقطه اعتدال بهاری قرار می‌گیرند. با گذشت زمان خورشید حقیقی بر روی دایرة البروج و خورشید متوسط بر روی استوای سماوی جابه‌جا می‌شوند. سرعت حرکت خورشید حقیقی با توجه به مکان مداری خود کندتر و تندتر می‌شود و از خورشید متوسط عقب یا جلو می‌افتد. بنا به قرارداد مدت زمان معین دو عبور متوالی خورشید متوسط از نصف النهار مکان، شبانه‌روز متوسط خورشیدی نامیده می‌شود. مدت شبانه‌روز متوسط خورشیدی در تمام ایام سال یکسان است، درحالی‌که طول روز خورشید حقیقی گاه کمتر و گاه بیشتر از طول روز خورشید متوسط است.

گرینویچ در طول جغرافیایی صفر درجه قرار دارد. زمان استاندارد در گرینویچ را زمان متوسط گرینویچ یا زمان جهانی می‌گویند. تمام نقاط واقع بر روی هر طول جغرافیایی که حدود ۱۵ درجه پهنا دارند دارای یک زمان استاندارد هستند.

مدار [ظاهری] خورشید حقیقی دایرة البروج است و مدار خورشید فرضی استوای آسمانی است. این زمان همان زمانی است که با ساعت اندازه‌گیری می‌شود و ۱۲ ساعت به ساعات بعدازظهر می‌افزاییم تا نیمه‌شب مبدأ محاسبات باشد.

زمان خورشیدی ظاهری

زمان خورشید ظاهری عبارت است از زاویه ساعتی خورشید واقعی به علاوه ۱۲ ساعت

به طوری که نقطه صفر در نیمه شب در ساعت صفر و ظهر ظاهری محلی همواره در ساعت ۱۲ اتفاق می افتد. خورشید ظاهری در واقع زمانی است که براساس جابه جایی خورشید در روز سنجیده می شود؛ در هر حال طول خورشید ظاهری حتی برای یک ناظر مشخص در طول سال ثابت نیست. این زمان با زمان خورشیدی متوسط کمی اختلاف دارد و حداکثر ممکن است تا نیم دقیقه با ۲۴ ساعت متفاوت شود و حداکثر تا ۱۶ و نیم دقیقه نسبت به زمان میانگین در فصل های مختلف تفاضل پیدا کند (برای نمونه تفاضل روزانه زمان نیمروز حقیقی (ظهر) با نیمروز استاندارد یعنی ساعت ۱۲). این اختلاف به دو دلیل رخ می دهد:

۱. از آنجاکه مسیر گردش زمین به دور خورشید بیضی است، در فصل های مختلف طول روز متفاوت است و هنگامی که زمین به خورشید نزدیکتر است (حضیض) تندتر و زمانی که از آن دور است (اوج) کندتر حرکت می کند.

۲. به دلیل انحراف محور زمین نسبت به استوا، سرعت حرکت ظاهری سالانه خورشید روی دایره البروج یکنواخت نخواهد بود. از این رو در هنگام اعتدال بهاری (اول نوروز) و اعتدال پاییزی (آغاز مهرگان)، به دلیل موازی بودن مدار ظاهری خورشید با استوا، کندتر از سرعت میانگین حرکت می کند و در روز نخست زمستان و تابستان، به دلیل حداکثر تفاوت مداری خورشید با استوا سرعتش بیشتر از میانگین خواهد بود.

پایه این اندازه گیری، فاصله زمانی است که خورشید در یک روز دارد. این فاصله زمانی را می توان با ساعت خورشیدی یا فاصله بین دو نیم روز به دست آورد.

تفاضل ساعت رسمی با حقیقی در چهارروز ۲۶ فروردین، ۲۳ خرداد، ۱۰ شهریور و ۴ دی ماه صفر می شود و حداکثر تفاضل فصلی در ۲۴ اردیبهشت ۳ دقیقه و ۴۲ ثانیه منفی، در ۴ مرداد ۶ دقیقه و ۳۰ ثانیه مثبت، در ۱۲ آبان ۱۶ دقیقه و ۲۵ ثانیه منفی و در ۲۲ بهمن ۱۴ دقیقه و ۱۶ ثانیه مثبت است.

در چهار روز اول ساعت رسمی و حقیقی در یک لحظه کاملاً منطبق می شوند و در کل روز حداکثر نیم دقیقه تفاضل دارند. در چهار روز دوم حداکثر یا حداقل تفاضل انطباق دارند. در عین حال در خلال روز حرکت ظاهری خورشید سرعت متوسط پیدا می کند و روز (با تقریب ۱ ثانیه) ۲۴ ساعت می باشد. روز خورشیدی نسبت به ۲۴ ساعت حداقل اول فروردین ۱۸ ثانیه و اول مهر ۲۱ ثانیه کمتر و حداکثر اول تابستان ۱۳ ثانیه و اول زمستان ۳۰ ثانیه بیشتر است (Tavabi, 2014 & 2015).

جدول ۱-۱. روز خورشیدی حقیقی (توابی و همکاران، ۲۰۱۶)

تاریخ	تفاوت با ۲۴ ساعت	تفاضل با ساعت متوسط	نیمروز
اول فروردین	۱۸- ثانیه (حداقل دوم)		۱۲:۰۷:۱۵
۲۶ فروردین		صفر (پس از نیمروز)	۱۲:۰۰:۰۵
۲۴ اردیبهشت	ثانیه $\pm$ صفر	۳ دقیقه و ۴۲ ثانیه منفی II	۱۱:۵۶:۱۸
۲۳ خرداد		صفر (کمی پس از نیمروز)	۱۱:۵۹:۵۹
اول تیر	۱۳+ ثانیه (حداکثر دوم)		۱۲:۰۱:۵۵
۴ مرداد	ثانیه $\pm$ صفر	۶ دقیقه و ۳۰ ثانیه مثبت II	۱۲:۰۶:۳۰
۱۰ شهریور		صفر (پس از نیمروز)	۱۲:۰۰:۰۲
اول مهر	۲۱- ثانیه (حداقل اول)		۱۱:۵۲:۲۶
۱۲ آبان	ثانیه $\pm$ صفر	۱۶ دقیقه و ۲۵ ثانیه منفی I	۱۱:۴۳:۳۵
اول دی	۳۰+ ثانیه (حداکثر اول)		۱۱:۵۸:۳۱
۴ دی		صفر (در نیمروز)	۱۲:۰۰:۰۰
۲۲ بهمن	ثانیه $\pm$ صفر	۱۴ دقیقه و ۱۶ ثانیه مثبت I	۱۲:۱۴:۱۶

جدول ۱-۲. جدول فوق ظهر نصف‌النهاری با مبدأ زمان جهانی است. تعیین ظهر محلی از تفاضل نصف‌النهار محلی با نصف‌النهار ساعتی بدست می‌آید (هر درجه ۴ دقیقه ساعتیست). برای نمونه نصف‌النهار ساعتی ایران طول ۵۲.۵ درجه شرقی است و تهران ۵۱.۴ شرقی؛ ظهر تهران ۴ دقیقه و ۲۴ ثانیه از جدول فوق دیرتر می‌باشد.

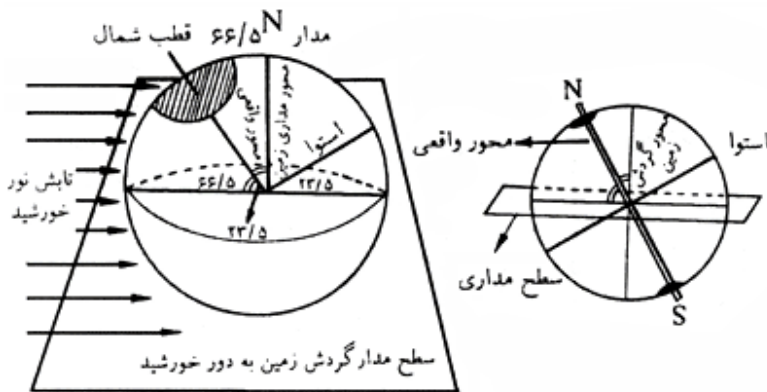
روز خورشیدی	روز میلادی	ظهر	روز خورشیدی	روز میلادی	ظهر	روز خورشیدی	روز میلادی	ظهر
۱ فروردین	۲۱ مارس	۱۲:۰۷	۷ شهریور	۲۹ اوت	۱۲:۰۱	۲۰ آذر	۱۱ دسامبر	۱۱:۵۳
۵ فروردین	۲۵ مارس	۱۲:۰۶	۱۰ شهریور	۱ سپتامبر	۱۲:۰۰	۲۲ آذر	۱۳ دسامبر	۱۱:۵۴
۸ فروردین	۲۸ مارس	۱۲:۰۵	۱۳ شهریور	۴ سپتامبر	۱۱:۵۹	۲۴ آذر	۱۵ دسامبر	۱۱:۵۵
۱۲ فروردین	۱ آوریل	۱۲:۰۴	۱۶ شهریور	۷ سپتامبر	۱۱:۵۸	۲۶ آذر	۱۷ دسامبر	۱۱:۵۶
۱۵ فروردین	۴ آوریل	۱۲:۰۳	۱۹ شهریور	۱۰ سپتامبر	۱۱:۵۷	۲۸ آذر	۱۹ دسامبر	۱۱:۵۷
۱۹ فروردین	۸ آوریل	۱۲:۰۲	۲۲ شهریور	۱۳ سپتامبر	۱۱:۵۶	۳۰ آذر	۲۱ دسامبر	۱۱:۵۸
۲۲ فروردین	۱۱ آوریل	۱۲:۰۱	۲۵ شهریور	۱۶ سپتامبر	۱۱:۵۵	۲ دی	۲۳ دسامبر	۱۱:۵۹
۲۶ فروردین	۱۵ آوریل	۱۲:۰۰	۲۸ شهریور	۱۹ سپتامبر	۱۱:۵۴	۴ دی	۲۵ دسامبر	۱۲:۰۰
۳۱ فروردین	۲۰ آوریل	۱۱:۵۹	۳۰ شهریور	۲۱ سپتامبر	۱۱:۵۳	۶ دی	۲۷ دسامبر	۱۲:۰۱

روز خورشیدی	روز میلادی	ظهر	روز خورشیدی	روز میلادی	ظهر	روز خورشیدی	روز میلادی	ظهر
۵ اردیبهشت	۲۵ آوریل	۱۱:۵۸	۲ مهر	۲۴ سپتامبر	۱۱:۵۲	۸ دی	۲۹ دسامبر	۱۲:۰۲
۱۲ اردیبهشت	۲ مه	۱۱:۵۷	۵ مهر	۲۷ سپتامبر	۱۱:۵۱	۱۰ دی	۳۱ دسامبر	۱۲:۰۳
۲۴ اردیبهشت	۱۴ مه	۱۱:۵۶	۸ مهر	۳۰ سپتامبر	۱۱:۵۰	۱۲ دی	۲ ژانویه	۱۲:۰۴
۵ خرداد	۲۶ مه	۱۱:۵۷	۱۱ مهر	۳ اکتبر	۱۱:۴۹	۱۴ دی	۴ ژانویه	۱۲:۰۵
۱۳ خرداد	۳ ژوئن	۱۱:۵۸	۱۵ مهر	۷ اکتبر	۱۱:۴۸	۱۷ دی	۷ ژانویه	۱۲:۰۶
۱۸ خرداد	۸ ژوئن	۱۱:۵۹	۱۸ مهر	۱۰ اکتبر	۱۱:۴۷	۱۹ دی	۹ ژانویه	۱۲:۰۷
۲۳ خرداد	۱۳ ژوئن	۱۲:۰۰	۲۲ مهر	۱۴ اکتبر	۱۱:۴۶	۲۲ دی	۱۲ ژانویه	۱۲:۰۸
۲۸ خرداد	۱۸ ژوئن	۱۲:۰۱	۲۷ مهر	۱۹ اکتبر	۱۱:۴۵	۲۴ دی	۱۴ ژانویه	۱۲:۰۹
۱ تیر	۲۲ ژوئن	۱۲:۰۲	۴ آبان	۲۶ اکتبر	۱۱:۴۴	۲۷ دی	۱۷ ژانویه	۱۲:۱۰
۶ تیر	۲۷ ژوئن	۱۲:۰۳	۱۲ آبان	۳ نوامبر	۱۱:۴۳	۳۰ دی	۲۰ ژانویه	۱۲:۱۱
۱۱ تیر	۲ ژوئیه	۱۲:۰۴	۲۰ آبان	۱۱ نوامبر	۱۱:۴۴	۴ بهمن	۲۴ ژانویه	۱۲:۱۲
۱۷ تیر	۸ ژوئیه	۱۲:۰۵	۲۶ آبان	۱۷ نوامبر	۱۱:۴۵	۹ بهمن	۲۹ ژانویه	۱۲:۱۳
۲۵ تیر	۱۶ ژوئیه	۱۲:۰۶	۱ آذر	۲۲ نوامبر	۱۱:۴۶	۲۲ بهمن	۱۱ فوریه	۱۲:۱۴
۴ مرداد	۲۶ ژوئیه	۱۲:۰۷	۴ آذر	۲۵ نوامبر	۱۱:۴۷	۷ اسفند	۲۶ فوریه	۱۲:۱۳
۱۴ مرداد	۵ اوت	۱۲:۰۶	۷ آذر	۲۸ نوامبر	۱۱:۴۸	۱۲ اسفند	۳ مارس	۱۲:۱۲
۲۱ مرداد	۱۲ اوت	۱۲:۰۵	۱۰ آذر	۱ دسامبر	۱۱:۴۹	۱۷ اسفند	۸ مارس	۱۲:۱۱
۲۶ مرداد	۱۷ اوت	۱۲:۰۴	۱۳ آذر	۴ دسامبر	۱۱:۵۰	۲۱ اسفند	۱۲ مارس	۱۲:۱۰
۳۱ مرداد	۲۲ اوت	۱۲:۰۳	۱۵ آذر	۶ دسامبر	۱۱:۵۱	۲۴ اسفند	۱۸ مارس	۱۲:۰۹
۳ شهریور	۲۵ اوت	۱۲:۰۲	۱۷ آذر	۸ دسامبر	۱۱:۵۲	۲۸ اسفند	۱۹ مارس	۱۲:۰۸

تعدیل زمان (equation of time)

لحظه‌ای که خورشید حقیقی در نصف‌النهار مکان دیده می‌شود ظهر حقیقی یا ظهر شرعی گفته می‌شود و لحظه‌ای که خورشید متوسط بر نصف‌النهار مکان دیده می‌شود ظهر متوسط نامیده می‌شود. تفاوت ظهر حقیقی و ظهر متوسط تعدیل زمان نامیده می‌شود. در واقع تفاضل میان زاویه ساعتی خورشید متوسط فرضی و زاویه ساعتی خورشید حقیقی است. تعدیل زمان گاهی مثبت است و گاهی منفی است و زمان خورشیدی متوسط عبارت است از جمع جبری زمان خورشیدی حقیقی و تعدیل زمان. تعدیل زمان در طول سال بین

منفی ۱۶ تا مثبت ۱۶ دقیقه تغییر می‌کند، یعنی در طول سال ظهر شرعی از ظهر متوسط حداکثر ۱۶ دقیقه جلو یا عقب می‌افتد. برای راحتی کار در جدول‌ها و نمودارهایی تعدیل زمان را درج می‌کنند. زمان خورشیدی حقیقی همان زمانی است که به کمک ساعت آفتابی (sundial) (یا شاخص آفتابی) به دست می‌آید. با افزودن تعدیل زمان (برای هر روز) به زمان خورشیدی حقیقی، می‌توان زمان خورشیدی متوسط را یافت.



شکل ۱-۲. تعدیل زمان

معادله تعدیل زمان

این معادله زمان اختلاف مابین زمان خورشیدی ظاهری منهای زمان خورشیدی متوسط می‌باشد. به عبارتی دیگر یعنی زمانی که خورشید ظهر، خواه جلوتر و یا عقب‌تر از زمان ظهر متوسط، در نصف‌النهار ناظر ظاهر می‌شود. یعنی:

$$H = HA \otimes - HAMS$$

که در آن $HA \otimes$ زاویه ساعتی خورشید و HAMS زاویه ساعتی خورشید میانگین را در یک لحظه و محل دلخواه نشان می‌دهد.

طول یک روز خورشیدی که براساس دو عبور متوالی خورشید از نصف‌النهار سماوی و دو ارتفاع بیشینه خورشید از افق اندازه‌گیری می‌شود ثابت نیست و تغییرات آن طی یکسال به ۱۶ دقیقه می‌رسد. دلیل این تغییرات، بیضوی بودن مدار زمین و حرکت ظاهری خورشید در دایره البروج و نه در استوای سماوی است. زمانی که

ساعت‌های رسمی نشان می‌دهند براساس وجود یک خورشید فرضی است که با سرعت متوسط در آسمان حرکت می‌کند. تفاوت این زمان با زمانی که ساعت آفتابی نشان می‌دهند معادله زمان نام دارد.

اختلاف بین ظهر متوسط (میانگین زمان وقوع ظهر در طول یک سال) و ظهر حقیقی یا اختلاف بین زمان متوسط خورشیدی و زمان ظاهری (محلی) یک نقطه و یا تفاضل بین زمان متوسط و زمان حقیقی است. این اختلاف با تغییر سرعت حرکت وضعی زمین رابطی ندارد و ناشی از ناموزونی حرکت انتقالی زمین است.



شکل ۱-۳. اوایل ماه نوامبر ساعتی که ساعت آفتابی نشان می‌دهد ۱۶ دقیقه از ساعت شهری جلوتر است یا در تاریخ اواخر ژوئای حدود ۷ دقیقه عقب‌تر است.

طول یک روز خورشیدی که براساس دو عبور متوالی خورشید از نصف‌النهار سماوی و دو ارتفاع بیشینه خورشید از افق اندازه‌گیری می‌شود ثابت نیست و تغییرات آن طی یکسال به ۱۶ دقیقه می‌رسد. دلیل این تغییرات بیضوی بودن مدار زمین و حرکت ظاهری خورشید در دایره‌البروج و نه استوای سماوی است. زمانی که ساعت‌های رسمی نشان می‌دهند براساس وجود یک خورشید فرضی است که با سرعت متوسط در آسمان حرکت می‌کند.

زمان محلی (local time)

عبارت است از زمان نسبت به نصف‌النهار سماوی هر ناظر خاص، که برای همه نقاط واقع بر یک نصف‌النهار، از قطب تا استوای زمین، یکسان است.

زمان جهانی (universal time)

عبارت است از زمان متوسط خورشیدی گرینویچ که به صورت یک مبدأ زمانی معیار برای همه ساکنان زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد. درواقع زمان خورشیدی متوسط روی نصف النهار گرینویچ به صورت زاویه ساعتی خورشید متوسط فرضی نسبت به گرینویچ به علاوه ۱۲ ساعت تعریف می‌شود تا شبانه‌روز از نیم‌شب آغاز گردد.

UT1: اندازه‌گیری واقعی چرخش زمین، حرکت قطبی اصلاح شده و مورد استفاده

در آسمانی ناوبری

زمان هماهنگ جهانی (UTC): زمان اتمی که با زمان UT1 که براساس زمان خورشیدی متوسط تا نرخ ۰,۹ ثانیه اختلاف دارد که توسط سرویس بین‌المللی چرخش زمین (IERS) (عمران زمان کنونی) تصمیم‌گیری می‌شود.

زمان عرفی یا زمان مدنی (civil time)

عبارت است از زمان خورشیدی متوسط به علاوه ۱۲ ساعت برای یک نصف النهار قراردادی خاص. این زمان برای مقاصد روزمره محلی، با توجه به طول جغرافیایی کشور یا منطقه خاص تعریف می‌شود.

زمان استاندارد (standard time)

عبارت است از زمان عرفی خاصی که در درون یک کشور جنبه قانونی و تداول عمومی دارد و همان ساعت رسمی کشور است که بر پایه زمان خورشیدی متوسط روی نصف النهار خاص (مثلاً نصف النهار نقطه‌ای در پایتخت یا در نزدیکی آن) محاسبه می‌شود. بنابراین درحالی که زمان محلی همه نقاط واقع بر نصف النهار ۴۵ درجه شرقی در ایران نیم ساعت پیش از ساعت ۱۲ ظهر را نشان می‌دهد، کل نقاط ایران ساعت ۱۲ به افق تهران را ظهر کشور می‌دانند. یعنی زمان محلی تهران زمان عرفی و همچنین زمان استاندارد ایران است. در اخترشناسی از زمان‌های دیگری چون زمان تقویمی (Ephemeris time= ET)، زمان زمینی (Terrestrial Time=TT) و زمان دینامیکی (Dynamical time= DT) نیز استفاده می‌شود.

تقسیم‌بندی روز

امروزه سیستم شمارشی ده دهی (ده بخشی) مرسوم‌ترین نوع شمارش است که احتمالاً به این دلیل که انسان‌ها به آسانی می‌توانند به کمک انگشتان‌شان عمل شمارش را انجام دهند شهرت به‌خصوصی یافته است. تمدن‌هایی که شبانه‌روز را به بخش‌های کوچک‌تری تقسیم کردند سیستم‌های شمارشی متفاوتی، به‌خصوص دوازده دوازدهی (۱۲ بخشی) و شصت شخصی (۶۰ بخشی) را مورد استفاده قرار دادند.

شواهد ثبت‌شده نشان می‌دهد مصریان از ساعت‌های خورشیدی استفاده می‌کردند و بیشتر مورخان بر این اعتقادند که آن‌ها اولین تمدنی بودند که شبانه‌روز را به بخش‌های کوچک‌تر تقسیم کردند. اولین ساعت‌های خورشیدی اساساً تخته سنگ‌هایی بودند که روی هم قرار می‌گرفت و با اندازه‌گیری طول و جهت سایه ایجاد شده می‌شد زمان را تشخیص داد. ۱۵۰۰ سال پیش از میلاد مسیح مصریان ساعت خورشیدی بسیار پیشرفته‌تری ساختند. ابزار T شکلی در زمین قرار داده می‌شد و این وسیله فاصله بین طلوع و غروب را به ۱۲ قسمت تقسیم می‌کرد. این تقسیم‌بندی نشانگر استفاده مصریان از سیستم دوازده دوازدهی است. اهمیت عدد ۱۲ عموماً به این واقعیت که تعداد ماه‌های سال قمری در یک سال ۱۲ تا است یا احتمالاً به تعداد بندهای انگشتان هر دست (۳ بند در هر انگشت به غیر از شصت) نسبت داده شده است که می‌توان توسط انگشت شصت که خود شمرده نمی‌شود بقیه بندها را شمرد. نسل بعدی ساعت خورشیدی اولین نماد چیزی است که ما امروزه آن را یک ساعت می‌نامیم. تعداد ساعات در یک شبانه‌روز تقریباً یکسان بودند، اما طول آن‌ها در طی یکسال متغیر بود به این ترتیب که در تابستان طولانی‌تر و در زمستان کوتاه‌تر بودند.

انسان در آن دوران بدون دسترسی به نور مصنوعی، تاریکی شب یا روشنایی خورشید را به‌جای اینکه دو بخش از یک شبانه‌روز بداند، به‌عنوان دو قلمرو مخالف یکدیگر محسوب می‌کرد. بدون بهره‌گرفتن از ساعت‌های خورشیدی تقسیم‌بندی بین غروب و طلوع خورشید بسیار پیچیده‌تر از تقسیم‌کردن روز بود. اگرچه در عصری که ساعت‌های خورشیدی برای اولین بار مورد استفاده قرار گرفتند ستاره‌شناسان مصری اولین کسانی بودند که ۳۶ ستاره‌ای که به مجموعه حلقه بهشت‌ها (Circle of Heavens) معروف‌اند و در فاصله مساوی از هم قراردارند را مشاهده نمودند. ورود به شب و پایان آن با پدیدارشدن ۱۸ تا از این ستارگان تعیین می‌شد که رؤیت سه ستاره از این مجموعه فلق و