آشنایی با سامانهٔ موقعیت‌یاب جهانی و روش‌های جهت‌یابی

۸-۱ سامانهٔ موقعیت‌یاب جهانی (GPS)[1]

اندازه‌گیری دقیق ابعاد و مشخصات زمین همواره مورد توجه بوده و هر زمان با عنایت به دانش روزِ بشر، امکانات و فناوری، اندازه‌گیری ابعاد عوارض و مشخصات هندسی آن‌ها، و تعیین موقعیت صورت می‌پذیرد. اندازه‌گیری‌ها متناسب با تصور بشر از زمین دست‌خوش تغییر و تحول بوده است. اندازه‌گیری‌ها در فضای ذهنی مسطح انگاشتن زمین آغاز و با کروی دانستن آن ادامه یافت و اینک بر مبنای بیضوی بودن زمین انجام می‌گیرد[2]. امروزه اندازه‌گیری بسیار دقیق مبتنی بر اصول علمی و فنی به اعمال تأثیرات جزر و مد، جاذبه، انحراف خطوط شاقولی، تغییرات در شرایط آب و هوایی، حرکات پوستهٔ زمین، و بسیاری عوامل مؤثر در شرایط مختلف و با گزینش سطح مرجع[3] (بیضوی مقایسه یا ژئوئید) نزدیک به سطح زمین انجام می‌پذیرد.

---

1. Global Positioning System

۲. در قرن هفدهم میلادی، نیوتن و هویگنس (Huygens) در بررسی علمی دریافتند که زمین باید شکل بیضوی داشته باشد. این فرضیه با اندازه‌گیری طول قوس نصف‌النهار در مناطق قطبی و استوایی تأیید شد.

۳. سطحی که بهترین تطبیق را با سطح متوسط آب‌های آزاد داشته باشد، سطح تراز صفر یا ژئوئید نامیده می‌شود. این سطح یک سطح فیزیکی است و برای اندازه‌گیری دقیق و محاسبات باید یک سطح ریاضی مشخص کرد. این سطح، که باید تا حد امکان نزدیک به سطح زمین باشد، بیضوی مقایسه نامیده می‌شود. بیضوی‌ای که در تمام نقاط زمین بر ژئوئید منطبق باشد وجود ندارد. از این رو، هر کشوری برای اندازه‌گیری‌های دقیق بیضوی را برای مقایسه برمی‌گزیند.

در گذشته، زمانی که تکنولوژی پیشرفته امروزی وجود نداشت، مردم، به‌خصوص سیاحان و جهانگردان گاهی اوقات در یک گسترهٔ جغرافیایی، به‌ویژه شهرها و کشورهای بیگانه، از مکان دقیق خود باخبر نبودند و حتی گاهی اوقات در بیابان‌ها و دریاها مسیر خود را گم می کردند. از سوی دیگر، استفاده از قطب‌نما و سایر عوامل طبیعی در دنیای قدیم تا اندازه‌ای راه‌گشای بشر بود. در حالی که امروزه پیچیدگی‌های جغرافیایی اعم از بافت شهر، خیابان و غیره اصولاً زمینهٔ استفاده از این گونه روش‌ها را تا حدود زیادی منتفی کرده است و ضرورت استفاده از فناوری‌های مدرن، برای توسعهٔ مراحل جمع‌آوری، توزیع و کاربردی ساختن اطلاعات جغرافیایی و داده‌های زمین‌مرجع را نمایان کرده است. سامانهٔ موقعیت‌یاب جهانی، به عنوان یکی از فناوری‌های مدرن، توانسته است کمک شایانی در پیشبرد بسیاری از مسائل روزمره داشته باشد (نظری‌فر و مؤمنی، ۱۳۹۰).

معمولاً از سامانهٔ موقعیت‌یاب جهانی یا GPS برای جمع‌آوری داده‌های مکانی و موقعیت دقیق عوارض در صحرا استفاده می‌شود، به گونه‌ای که این داده‌ها در عرصهٔ کنترل ناوبری زمین و هدایت ناوگان جنگی به کمک تکنولوژی GPS می‌آید. این مسئله مزیت آشکار این سامانه نسبت به روش‌های نقشه‌برداری کلاسیک است (صالح‌آبادی، ۱۳۸۴). این سامانه از شبکهٔ ۲۴ ماهواره‌ای در

شکل ۸.۱ نمونه‌ای از دستگاه GPS

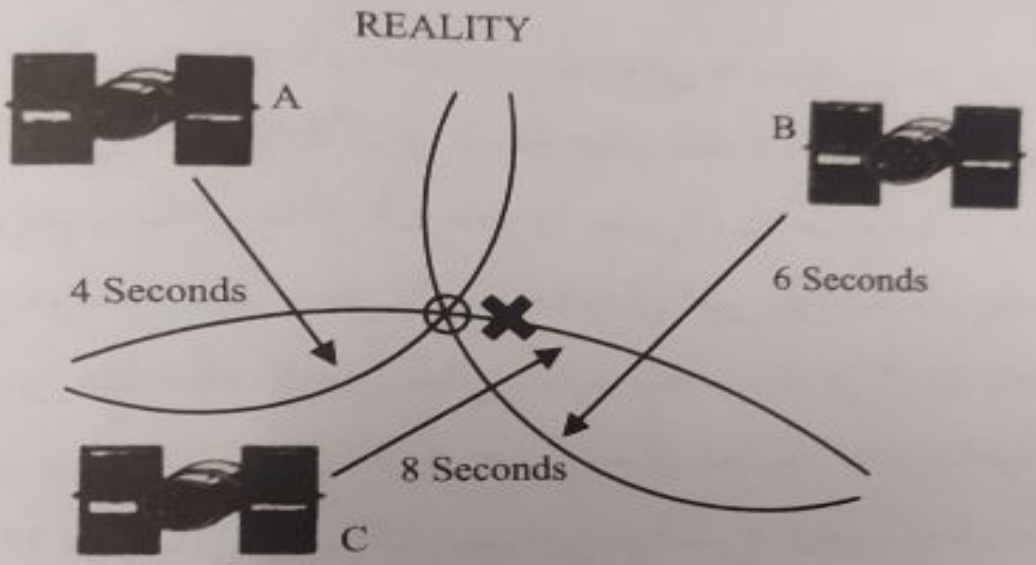
مدار زمین تشکیل شده است که وزارت دفاع دولت امریکا آن را پشتیبانی می کند. هدف اصلی و اولیه از طراحی GPS اهداف نظامی بوده، اما از سال ۱۹۸۰ به بعد برای استفاده‌های غیرنظامی نیز در دسترس قرار گرفت. در شکل ۱ـ۸ نمونه‌ای از دستگاه GPS نشان داده شده است.

۱ـ۱ـ۸ GPS چگونه کار می کند؟

اساس GPS بر اندازه گیری ماهواره‌ای استوار است، یعنی به وسیلهٔ آن می‌توان موقعیت مکانی یک نقطه از زمین را با اندازه گیری فاصلهٔ همان نقطه از یک گروه ماهواره تعیین کرد. اگر فاصلهٔ موقعیت مکانی ما تا یک ماهوارهٔ معین (مثلاً ماهوارهٔ A) معلوم باشد (۱۱هزار مایل) این موضوع واقعاً محل ما را تا حدودی تعیین می کند. این فاصله به ما می گوید که باید در یک شعاع کروی خیالی باشیم، شعاعی که مرکز آن ماهواره است و به اندازه ۱۱ هزار مایل است. حال اگر در همین زمان بدانیم که از ماهوارهٔ دیگری (مثلاً ماهوارهٔ B) ۱۲ هزار مایل فاصله داریم، این موضوع موقعیت ما را به صورت دقیق‌تر تعیین می کند، چرا که در جهان هستی تنها مکانی که می‌توانیم ۱۱هزار مایل با ماهوارهٔ A و ۱۲هزار مایل با ماهوارهٔ B فاصله داشته باشیم دایره‌ای است که بین دو کره مشترک است. اکنون اگر اندازه گیری نسبت به ماهوارهٔ سومی انجام شود، می‌توانیم دقیقاً موقعیت خود را تعیین کنیم، چرا که اگر بدانیم که در همان زمان از ماهوارهٔ C برای مثال ۱۳هزار مایل فاصله داریم، تنها در فضا دو نقطه هستند که می‌توانند درست باشند. این دو نقطه نقاطی هستند که کره‌ای با شعاع ۱۳هزار مایل دایره‌ای را، که فصل مشترک دو کره با شعاع ۱۱ و ۱۲ هزار مایل است، قطع می کند (شکل ۲ـ۸).

با اندازه گیری از سه ماهواره می‌توانیم موقعیت خود را تا حد رسیدن به دو نقطه تعیین کنیم (کمی بعد خواهیم دید که یک دلیل فنی برای اندازه گیری چهارم وجود دارد، اما در حال حاضر از نظر تئوری سه اندازه گیری کافی است). چگونه دریابیم که کدامیک از این دو نقطه موقعیت درست و واقعی ماست؟ باید اندازه گیری چهارمی از ماهواره‌ای دیگر بکنیم. می‌توانیم حدس بزنیم که معمولاً یکی از این دو نقطه نتیجهٔ نادرستی به ما می‌دهد؛ ممکن است نقطهٔ نادرست به زمین نزدیک نباشد. کامپیوترهای به

کار رفته در گیرنده‌های GPS تکنیک‌های مختلفی برای تشخیص نقطهٔ صحیح از نقطهٔ نادرست دارند. در ضمن اگر ارتفاع دقیق خود را بدانیم ـ همان‌گونه که دریانوردان می‌دانند که در سطح دریا هستند ـ می‌توانیم یکی از گیرنده‌های ماهواره را حذف کنیم. یکی از کره‌ها را می‌توان با کره‌ای که مرکز آن مرکز زمین است و شعاعی به اندازهٔ فاصلهٔ شما تا مرکز زمین دارد، جایگزین کرد (قنواتی و بهشتی، ۱۳۹۲).



شکل ۲ـ۸ تعیین موقعیت یک نقطه روی زمین به کمک سه ماهواره در فضا (روش مثلث‌بندی)

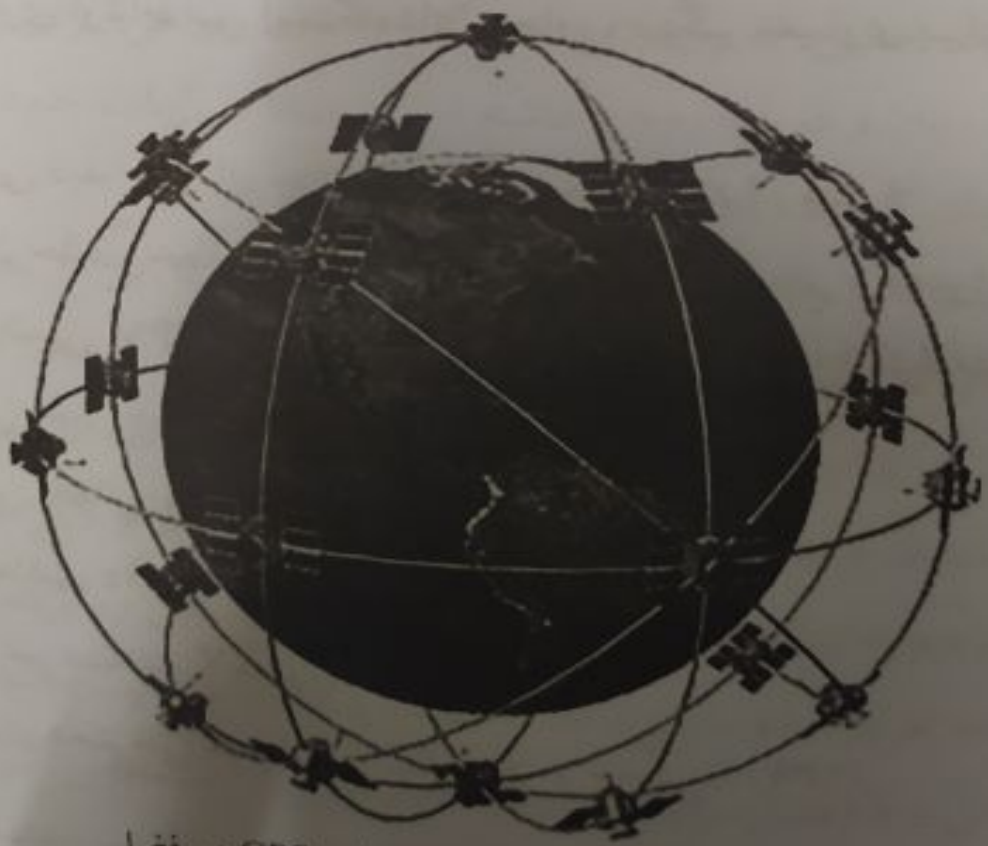
به هر حال اگر خواستیم کاملاً فنی عمل کنیم، مثلثات می گوید ما به چهار اندازه گیری ماهواره‌ای نیاز داریم تا بدون ابهام موقعیت خود را تعیین کنیم، اما در عمل اگر جواب‌های غیرعادی را کنار بگذاریم، تنها با سه اندازه گیری این کار میسر است. این همان اصل اساسی‌ای است که در GPS استفاده از ماهواره‌ها به عنوان نقاط مرجع برای تعیین موقعیت یک نقطه روی زمین از طریق مثلث‌بندی به کار برده می‌شود. هر موضوع دیگری که در مورد این سامانه مطرح می‌شود صرفاً شامل یک سری جزئیات فنی است که برای کمک به اجرای این روش اندازه گیری و نیز برای دقیق‌تر و سهل‌تر کردن آن انجام می‌شود (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۹۱).

ماهواره‌های GPS روزی دو بار در یک مدار دقیق دور زمین می گردند و سیگنال‌های حاوی اطلاعات را به زمین می‌فرستند. GPS بر اساس مقایسهٔ زمان

ارسال و دریافت سیگنال با یک ماهواره کار می‌کند. اختلاف زمان مشخص می‌کند که گیرندهٔ GPS چقدر از ماهواره دور است. حال با اندازه‌گیری مسافت، از چند ماهواره، گیرندهٔ GPS موقعیت کاربر را مشخص می‌کند یا حتی روی نقشهٔ الکترونیکی نمایش می‌دهد. یک گیرندهٔ GPS باید حداقل سیگنال‌های سه ماهواره را برای تعیین دقیق مختصات جغرافیایی و ریاضی (طول و عرض جغرافیایی) یک شیء دریافت نماید. همچنین، اگر بخواهیم علاوه بر طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع شیء را نیز تعیین کنیم، حداقل به سیگنال‌های چهار ماهواره نیاز است. همچنین از GPS برای اندازه‌گیری سرعت، جهت‌یابی، جست‌وجو، مسافرت طولانی، رفتن به مقصد، و غیره نیز استفاده می‌شود.

۸ـ۱ـ۲ سامانهٔ ماهواره‌های GPS

مکان‌یابی گیرنده‌های GPS از طریق دریافت سیگنال‌های ۲۴ ماهواره انجام می‌شود. این ماهواره‌ها در مدارهای مختلفی پیرامون زمین در فاصلهٔ حدود ۱۲ هزار مایل از سطح زمین قرار گرفته‌اند (شکل ۳ـ۸). آن‌ها با سرعت ثابتی در حرکت‌اند و در



شکل ۳ـ۸ موقعیت ماهواره‌های GPS در فضا

هر ۲۴ ساعت دو بار زمین را با سرعتی معادل ۷ هزار مایل در ساعت دور می‌زنند. ماهواره‌های GPS با انرژی خورشید تغذیه می‌شوند؛ آن‌ها به باتری‌های قابل شارژ اتوماتیک برای زمان‌های بارندگی یا خورشید گرفتگی مجهزند.

۸-۱-۳ مشخصات ماهواره‌های GPS

اولین ماهوارهٔ GPS در سال ۱۹۷۸ با موفقیت به فضا پرتاب شد و در سال ۱۹۹۴ تمامی ۲۴ ماهواره در مدار زمین قرار گرفت. هریک از این ماهواره‌ها برای ۱۰ سال مأموریت ساخته می‌شوند و پس از طی این زمان لازم است ماهوارهٔ دیگری جایگزین گردد. وزن یک ماهوارهٔ GPS حدود ۲۰۰۰ پوند (معادل ۹۰۷ کیلوگرم) با ۱۷ فوت عرض (۵/۱۸ متر) است.

۸-۱-۴ مزایای استفاده از GPS

۱. عملیات در انواع شرایط آب و هوایی امکان‌پذیر است و می‌تواند در شب و روز انجام شود؛

۲. برقراری ارتباط بین ایستگاه‌های مجاور، دیگر معیاری برای تعیین محل آن‌ها نیست؛

۳. توانایی دید هم‌زمان چند ماهواره با یک گیرندهٔ زمینی؛

۴. امکان حذف خطاهای مؤثر از قبیل خطاهای یونسفر و مسیر؛

۵. دقت نسبی PPM[1] برای طول‌های کوتاه‌تر از ۱ تا ۱۰۰ کیلومتر؛

۶. ارزانی نسبی در مقایسه با سایر سامانه‌ها؛

۷. پوشش جهانی و تمام‌وقت؛

۸. زمان‌مندی دقیق؛

۹. تعیین سرعت در ۳ محور مختصات؛

۱۰. قابلیت دسترسی همیشگی (نظری‌فر و مؤمنی، ۱۳۹۰).

1. Portion Per Million

۸-۱-۵ کاربردهای GPS

این سامانه کاربردهای متنوعی دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. **کاربردهای زمینی:** نقشه‌برداری، کارهای کاداستر، کنترل حرکات تکتونیکی، نشست‌های زمین، استفاده‌های شهری، حمل و نقل و ترافیک، متراکم‌سازی شبکه‌های کنترل و غیره.

۲. **کاربردهای دریایی:** کارهای ناوبری، هیدروگرافی، تعیین موقعیت سکوهای دریایی شرکت نفت، تعیین موقعیت جزیره‌های مرجانی، مین‌یابی.

۳. **کاربردهای هوایی:** فتوگرامتری به صورت زمان واقعی، کنترل حمل و نقل، استفاده برای کنترل ماهواره‌های سنجش از دوری (صالح‌آبادی، ۱۳۸۴).

۸-۲ جهت‌یابی

«و هوالذی جعل لکم النجوم لتهتدوا بها فی الظلمات البر و البحر قد فصلنا الایات لقوم یعلمون» و اوست خدایی که روشنایی ستارگان را مانند چراغی برای راهنمای شما در تاریکی‌های بیابان و دریاها روشن داشته است. همانا ما آیات خود را برای اهل فهم به تفصیل بیان کردیم (سورهٔ انعام، آیهٔ ۹۷).

یافتن جهت‌های جغرافیایی را جهت‌یابی گویند. جهت‌یابی در بسیاری از موارد کاربرد دارد. برای نمونه، وقتی در کوهستان، جنگل، دشت، و یا بیابان گم شده باشید، با دانستن جهت‌های جغرافیایی می‌توانید به مکان مورد نظرتان برسید. یکی از استفاده‌های مسلمانان از جهت‌یابی یافتن قبله برای نماز خواندن و ذبح حیوانات است. افرادی چون کوهنوردان، نظامیان، جنگل‌بانان، نیز به دانستن روش‌های جهت‌یابی نیازمندند. هرچند امروزه با وسایلی مانند قطب‌نما یا سامانهٔ موقعیت‌یاب جهانی (GPS) می‌توان به راحتی و با دقت بسیار زیاد جهت جغرافیایی را مشخص کرد، اما در نبود ابزار دانستن روش‌های دیگر جهت‌یابی مفید و کاراست.

۱ـ۲ـ۸ جهت‌های اصلی و فرعی

با دانستن یکی از جهت‌ها بقیهٔ جهت‌ها را می‌توان به سادگی مشخص کرد، اگر رو به شمال بایستیم، سمت راست مشرق و پشت سر جنوب و سمت چپ مغرب است. این چهار جهت را جهت‌های اصلی می‌نامند. بین هر دو جهت اصلی یک جهت فرعی وجود دارد. مثلاً، نیمساز جهت‌های شمال و شرق، جهت شمالِ شرقی را مشخص می‌کند (شکل ۴ـ۸).

شکل ۴ـ۸ جهات اصلی و فرعی

۲ـ۲ـ۸ روش‌های جهت‌یابی

برخی از روش‌های جهت‌یابی مخصوص روز و برخی ویژهٔ شب‌اند. برخی از روش‌ها هم در همهٔ مواقع کارا هستند. باید توجه شود که بسیاری از این روش‌ها کاملاً دقیق نیستند و صرفاً جهت‌های اصلی را به صورت تقریبی مشخص می‌کنند. برای جهت‌های دقیق باید از قطب‌نما استفاده کرد. همچنین لازم است میل مغناطیسی و انحراف مغناطیسی آن را هم در نظر داشت. آنچه گفته می‌شود اغلب مربوط به نیم‌کرهٔ شمالی است. به طور دقیق‌تر، شمال ۲۳ درجه و ۲۷ دقیقه (بالای مدار رأس‌السرطان). در نیم‌کرهٔ جنوبی در برخی از روش‌ها ممکن است جهت شمال و جنوب برعکس آنچه گفته می‌شود باشد.

۱ـ۲ـ۲ـ۸ روش‌های جهت‌یابی در روز

در اینجا به ۳ روش جهت‌یابی در هوای روشن و زمانی که خورشید دیده می‌شود می‌پردازیم.

الف) جهت‌یابی با سمت خورشید

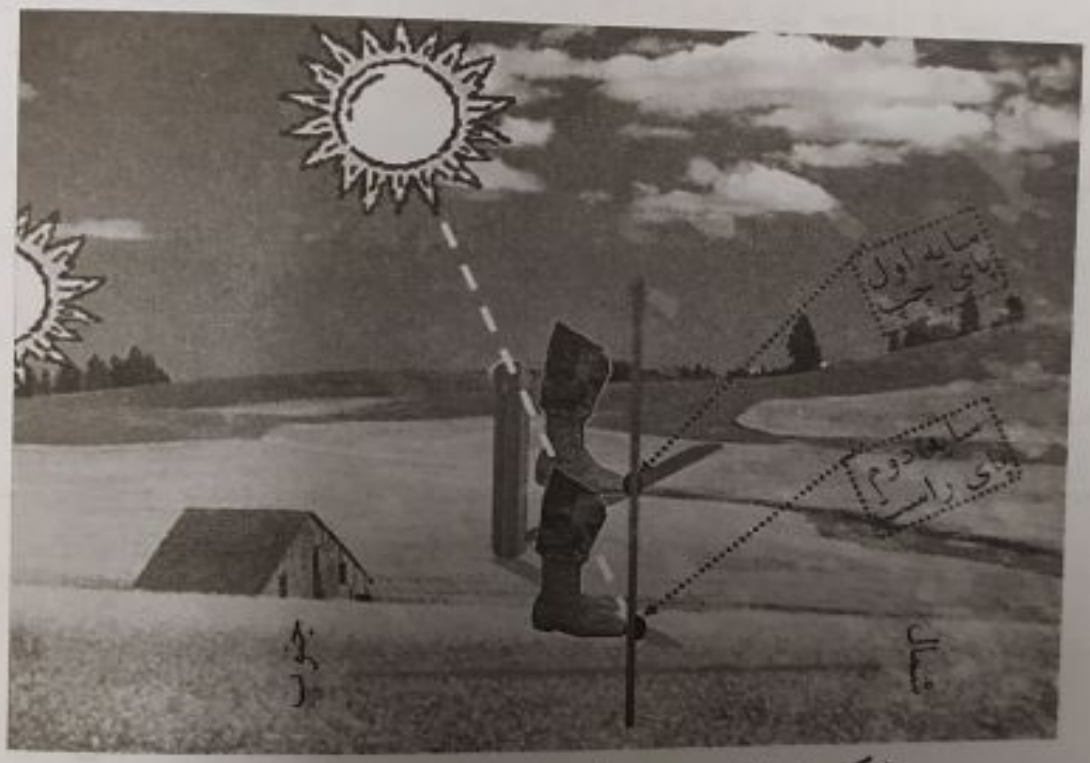
۱. خورشید صبح تقریباً از سمت شرق طلوع می‌کند و شب تقریباً در سمت غرب غروب می‌کند. این مطلب فقط در اول بهار و پاییز صحیح است، یعنی در اولین روز بهار و پاییز خورشید دقیقاً از شرق طلوع و در غرب غروب می‌کند، ولی در زمان‌های دیگر محل طلوع و غروب خورشید نسبت به مشرق و مغرب کمی انحراف دارد. در تابستان طلوع و غروب خورشید شمالی‌تر از شرق و غرب و در زمستان نیز جنوبی‌تر از شرق و غرب است. در اول تابستان و زمستان محل طلوع و غروب خورشید حداقل حدود ۲۳ درجه و ۲۷ دقیقه با محل دقیق شرق و غرب فاصله دارد که این خطا قابل چشم‌پوشی نیست. درواقع، از آنجا که موقعیت دقیق خورشید، با توجه به فصل و عرض جغرافیایی، متغیر است، این روش نسبتاً غیردقیق است. تنها جایی که خورشید همیشه به‌طور دقیق از شرق طلوع و در غرب غروب می‌کند استواست.

۲. در نیم‌کرهٔ شمالی زمین، در زمان ظهر شرعی خورشید همیشه دقیقاً در جهت جنوب است و سایهٔ اجسام رو به شمال می‌افتد. ظهر شرعی یا ظهر نجومی، در موقعیت جغرافیایی شما، هنگامی است که خورشید به بالاترین نقطهٔ خود در آسمان می‌رسد. در این زمان، سایهٔ شاخص به حداقل خود در روز می‌رسد و پس از آن دوباره افزایش می‌یابد.

۳. حرکت خورشید از شرق به غرب است و این هم می‌تواند روشی برای یافتن جهت‌های جغرافیایی باشد.

ب) جهت‌یابی با سایهٔ چوب (شاخص): شاخص، چوب یا میله‌ای نسبتاً صاف و راست است ـ برای مثال به طول یک متر ـ که به طور عمودی در زمینی مسطح، هموار و افقی (تراز و میزان) فرو شده است. نوک (انتهای) سایهٔ شاخص روی زمین را ـ برای مثال با یک سنگ ـ علامت گذاری می‌کنیم. مدتی (۱۰ تا ۲۰ دقیقه بعد یا

بیشتر) صبر می کنیم تا نوک سایه چند سانتی‌متر جابه‌جا شود. حال محل جدید سایهٔ شاخص، که تغییر مکان داده است، را علامت گذاری می کنیم؛ حال اگر این دو نقطه را با خطی به هم وصل کنیم، جهت شرق ـ غرب را مشخص می کند. نقطهٔ علامت گذاری اول سمت غرب و نقطهٔ دوم سمت شرق را نشان می‌دهد، یعنی اگر طوری بایستیم که پای چپمان را روی نقطهٔ اول و پای راستمان را روی نقطهٔ دوم بگذاریم، روبه‌روی‌مان شمال را نشان می‌دهد و رو به خورشید (پشت سرمان) جنوب است. از آنجا که جهت ظاهری حرکت خورشید در آسمان از شرق به غرب است، جهت حرکت سایهٔ خورشید روی زمین از غرب به شرق خواهد بود. هرچه از استوا دورتر شویم، از دقت پاسخ در این روش کاسته می‌شود، یعنی در مناطق قطبی (عرض جغرافیایی بالاتر از ۶۰ درجه) استفاده از آن توصیه نمی‌شود (شکل ۵ـ۸).



شکل ۵ـ۸ جهت‌یابی با سایهٔ چوب (شاخص)

ج) جهت‌یابی با ساعت عقربه‌دار: ساعت مچی معمولی (آنالوگ، عقربه‌ای) را به حالت افقی طوری در کف دست نگه می‌داریم که عقربهٔ ساعت‌شمار به سمت خورشید اشاره کند. در این حالت، نیمساز زاویه‌ای که عقربهٔ ساعت‌شمار با عدد ۱۲ ساعت می‌سازد (زاویهٔ کوچک‌تر، نه بزرگ‌تر) جهت جنوب را نشان می‌دهد، یعنی اگر چوب کبریتی را به طور افقی در نیمهٔ راه میان عقربهٔ ساعت‌شمار و عدد ۱۲

ساعت قرار دهید، به طور شمالی - جنوبی قرار دارد. دلیل اینکه زاویهٔ بین عقربهٔ ساعت‌شمار و ۱۲ را نصف می کنیم این است که وقتی خورشید یک بار دور زمین می‌چرخد، ساعت ما دو دور می‌چرخد (دو تا ۱۲ ساعت)، یعنی، گرچه روز ۲۴ ساعت است (و یک دور کامل را در ۲۴ ساعت طی می کند)، ساعت‌های ما یک دور کامل را در ۱۲ ساعت طی می‌نماید. اگر ساعت ۲۴ ساعته‌ای داشتید که دور آن به ۲۴ قسمت مساوی تقسیم شده بود، هرگاه عقربهٔ ساعت‌شمار را رو به خورشید می گرفتید، عدد ۱۲ ساعت همیشه جهت جنوب را نشان می‌داد.

این روش وقتی سمت صحیح را نشان می‌دهد که ساعت مورد نظر درست تنظیم شده باشد؛ یعنی، اگر در بهار و تابستان ساعت‌ها را نسبت به ساعت استاندارد یک ساعت جلو می‌برند، ما باید آن را تصحیح کنیم (ابتدا ساعت‌مان را یک ساعت عقب ببریم، سپس روش را اِعمال کنیم)؛ یا نیمساز عقربهٔ ساعت‌شمار را به جای ۱۲ با ۱ حساب کنید. درواقع، برای تعیین دقیق جهت‌های جغرافیایی وقت حقیقی یا شرعی را باید در نظر گرفت، یعنی ساعت باید طوری تنظیم باشد که هنگام ظهر شرعی ساعت ۱۲ را نشان دهد. روش ساعت مچی تا ۲۴ درجه امکان خطا دارد. برای دقت بیشتر باید از آن در عرض جغرافیایی بین ۴۰ و ۶۰ درجه (شمالی یا جنوبی) استفاده شود. هرچند در عرض جغرافیایی ۲۳درجه و ۲۷ دقیقه تا ۶۶ درجه (شمالی یا جنوبی) نتیجه‌اش قابل قبول است (البته در نیم کرهٔ جنوبی جهت شمال و جنوب برعکس است). درواقع هرچه به استوا نزدیک تر شویم، از دقت این روش کاسته می‌شود. همچنین، هرچه زمان به کار بردن این روش به ظهر شرعی نزدیک‌تر باشد، نتیجهٔ آن دقیق‌تر خواهد بود.

اگر از ساعت دیجیتال استفاده می کنید، می‌توانید ساعت عقربه‌داری را روی یک کاغذ یا روی زمین بکشید (دور دایره‌ای از ۱ تا ۱۲ بنویسید و عقربهٔ ساعت‌شمار را هم بکشید) و سپس از روش بالا استفاده کنید.

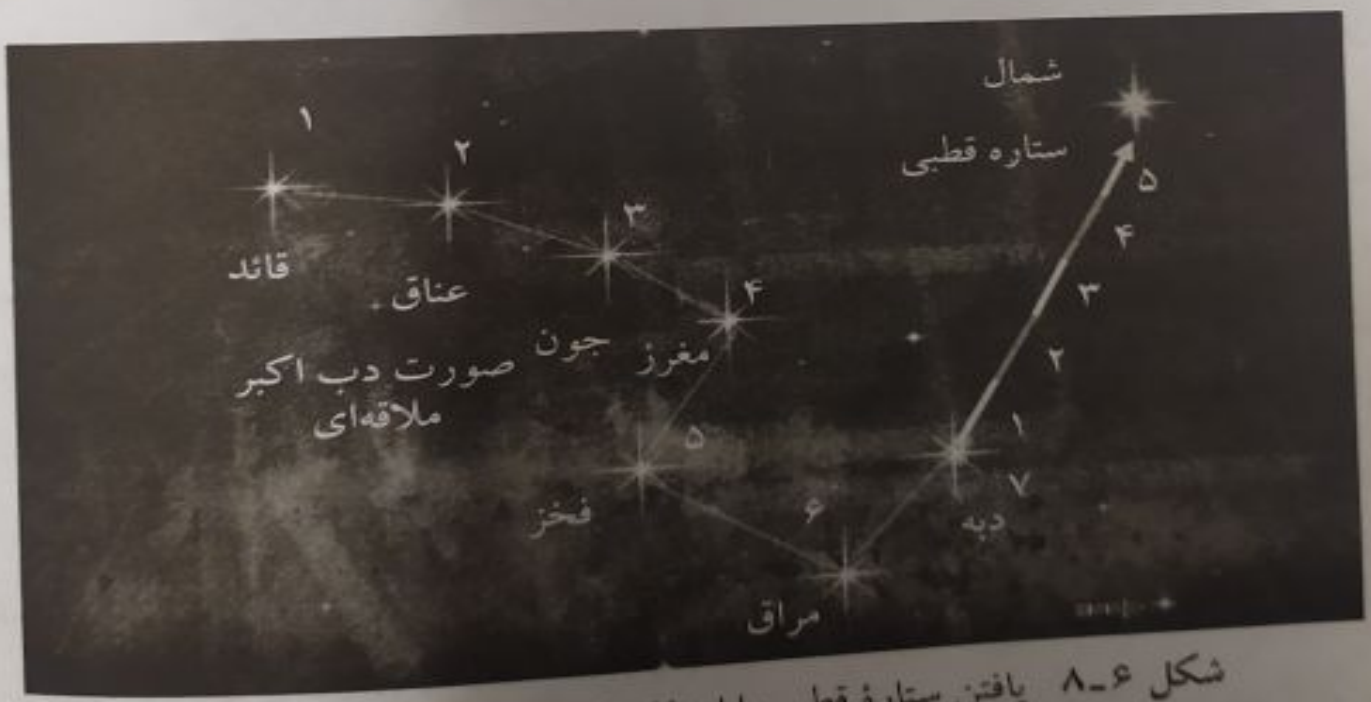
حتی وقتی هوا آفتابی نیست و خورشید به راحتی دیده نمی‌شود هم گاه سایهٔ خورشید را می‌توان دید. اگر یک چوب کبریت را عمود نگه دارید، سایهٔ آن برعکس جهت خورشید قرار می گیرد.

۲ـ۲ـ۲ـ۸ روش‌های جهت‌یابی در شب

الف) جهت‌یابی با ستارهٔ قطبی: از آنجا که ستاره‌ها در محور ستارهٔ قطبی در آسمان می‌چرخند، در نیم‌کرهٔ شمالی زمین ستارهٔ قطبی با تقریب بسیار خوبی (حدود ۰/۷ درجه خطا) جهت شمال جغرافیایی (و نه شمال مغناطیسی) را نشان می‌دهد؛ یعنی، اگر رو به آن بایستیم، رو به شمال خواهیم بود.

برای یافتن ستارهٔ قطبی روش‌های مختلفی وجود دارد:

۱. به‌وسیلهٔ مجموعهٔ ستارگان دب اکبر: صورت فلکی دب اکبر شامل هفت ستاره است که به شکل ملاقه قرار گرفته‌اند. چهار ستارهٔ آن تشکیل یک ذوزنقه را می‌دهند و سه ستارهٔ دیگر مانند یک دنباله در ادامهٔ ذوزنقه قرار گرفته‌اند. هرگاه دو ستاره‌ای که لبهٔ بیرونی ملاقه را تشکیل می‌دهند (دو ستارهٔ قاعدهٔ کوچک ذوزنقه؛ لبهٔ پیالهٔ ملاقه) را با خطی فرضی به هم وصل کنیم و ۵ برابر فاصلهٔ میان دو ستاره، به سمت جلو ادامه دهیم، به ستارهٔ قطبی می‌رسیم (شکل ۶ـ۸).



شکل ۶ـ۸ یافتن ستارهٔ قطبی با استفاده از صورت فلکی دب اکبر

۲. به وسیلهٔ مجموعه ستاره‌های ذات‌الکرسی: صورت فلکی ذات‌الکرسی شامل پنج ستاره است که به شکل W یا M قرار گرفته‌اند. هرگاه ستارهٔ وسط W

(رأس زاویهٔ وسطی) را حدود ۵ برابرِ فاصلهٔ آن، نسبت به ستاره‌های اطراف، به سوی جلو ادامه دهیم، به ستارهٔ قطبی می‌رسیم (شکل ۷ـ۸).

شکل ۷ـ۸ یافتن ستارهٔ قطبی با استفاده از صورت فلکی ذات‌الکرسی

چنانچه بخواهیم به کمک ستارهٔ قطبی جهت‌یابی کنیم، لازم است به موارد زیر توجه کنیم:

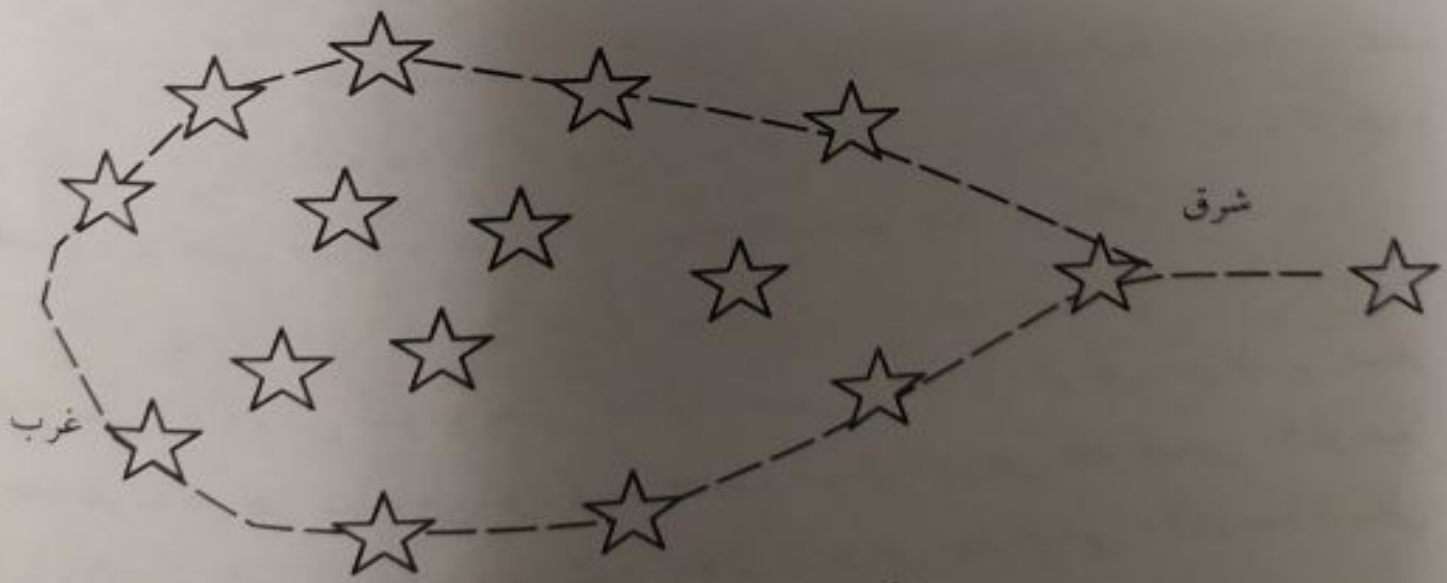
۱. صورت‌های فلکی ذات‌الکرسی و دب‌اکبر نسبت به ستارهٔ قطبی تقریباً روبه‌روی یکدیگرند و دور ستارهٔ قطبی، خلاف جهت عقربه‌های ساعت، می‌چرخند. اگر یکی از آن‌ها پنهان باشد، می‌توان با دیگری ستارهٔ قطبی را یافت. فاصلهٔ هر کدام از این دو صورت فلکی تا ستارهٔ قطبی تقریباً برابر است.

۲. اگر برای یافتن ستاره‌ها در آسمان از نقشهٔ ستاره‌یاب (افلاک‌نما) استفاده می‌کنید، به خاطر داشته باشید که ستاره‌یاب‌ها موقعیت ستاره‌ها را در زمان، تاریخ، و موقعیت جغرافیایی (طول و عرض جغرافیایی) خاصی نشان می‌دهند.

۳. هرچه از استوا به سوی قطب شمال برویم، ستارهٔ قطبی در آسمان بالاتر (در ارتفاع بیشتر) دیده می‌شود، یعنی ستارهٔ قطبی در استوا (عرض جغرافیایی صفر درجه) تقریباً در افق دیده می‌شود و در قطب شمال (عرض جغرافیایی ۹۰ درجه) تقریباً بالای سر (سر سو) دیده می‌شود. بالاتر از عرض جغرافیایی ۷۰ درجهٔ شمالی نمی‌توان با ستارهٔ قطبی شمال را پیدا کرد.

ب) جهت‌یابی به کمک ماه: اول هر ماه، هنگام غروب خورشید، چهرهٔ ماه به صورت کمان دیده می‌شود. در نیمهٔ اول ماه، به علت تابش نور خورشید از سمت غرب، برآمدگی کمان ماه به سمت خورشید است و جهت غرب را نشان می‌دهد. در نیمهٔ دوم ماه، به علت تابش خورشید از سمت شرق، برآمدگی کمان ماه به سمت شرق است و جهت مشرق را نشان می‌دهد. برای اینکه بدانیم نیمهٔ اول یا دوم ماه است، باید در امتداد فرورفتگی ماه قرار بگیریم و خطی از بالا به سمت پایین رسم کنیم. اگر شکل به دست آمده شبیه حرف P انگلیسی باشد، در نیمهٔ اول و اگر شبیه حرف Q انگلیسی باشد، در نیمهٔ دوم قرار داریم (ملاحسینی، بی‌تا). این روش جهت‌یابی چندان دقیق نیست، ولی حداقل راهنمایی تقریبی را فراهم می‌سازد. در زمان قرص کامل نمی‌توان از این روش استفاده کرد. وقتی ماه به صورت قرص کامل است، می‌توان به کمک حرکت ظاهری ماه ـ که از مشرق به طرف مغرب است ـ جهت‌یابی کرد.

ج) جهت‌یابی به کمک خوشهٔ پروین: دسته‌ای (حدود ده تا پانزده) ستاره، به شکل خوشهٔ انگور، در یک‌جا جمع هستند که به آن‌ها مجموعهٔ خوشهٔ پروین می‌گویند. این ستارگان مانند خورشید از شرق به طرف غرب در حرکت‌اند، ولی در همه حال دُمِ آن‌ها به طرف مشرق است (شکل ۸ـ۸).



شکل ۸ـ۸ خوشهٔ پروین

د) جهت‌یابی با قبله: اگر جهت قبله و میزان انحراف آن از جنوب (یا دیگر جهت‌های اصلی) را بدانیم، می‌توانیم شمال را تشخیص دهیم. برای مثال، اگر در تهران ۳۸ درجه از جنوب به سمت غرب متمایل شویم (یعنی حدوداً جنوب غربی)، به طرف قبله ایستاده‌ایم. پس، هرگاه در تهران جهت قبله را بدانیم، اگر ۳۸ درجه از سمت قبله در جهت عکس عقربه‌های ساعت بچرخیم، به طرف جنوب ایستاده‌ایم و اگر ۱۴۲ درجه در جهت عقربه‌های ساعت بچرخیم، به طرف شمال ایستاده‌ایم.

با توجه به اینکه ایران در شمال شرق مکه واقع شده است، بنابراین قبله برای ساکنان شهرهای ایران تقریباً با احتساب زاویهٔ انحراف در سمت جنوب غربی واقع شده است. در جدول ۱ـ۸ درجهٔ انحراف قبله از جهت جنوب برای برخی از مراکز استان‌های کشور آورده شده است.

جدول ۱ـ۸ انحراف قبله از جهت جنوب برخی از مراکز استان‌ها

نام مرکز	طول جغرافیایی			عرض جغرافیایی			انحراف قبله		
	ثانیه	دقیقه	درجه	ثانیه	دقیقه	درجه	ثانیه	دقیقه	درجه
ارومیه	۷	۴	۴۵	۵۰	۳۲	۳۷	۳۹	۵۹	۱۶
اراک	۳۴	۴۱	۴۹	۲۰	۵	۳۴	۱۸	۵۶	۳۶
اصفهان	۱۹	۴۰	۵۱	۴۲	۳۹	۳۲	۳۵	۱	۴۶
اهواز	۴۷	۴۰	۴۸	۴۳	۱۹	۳۱	۴۴	۴۱	۴۰
ایلام	۴۲	۲۵	۴۶	۲۳	۳۸	۳۳	۴۲	۳	۲۷
بندر بوشهر	۴۹	۴۹	۵۰	۳۵	۵۹	۲۸	۴۷	۱۵	۵۵
بندرعباس	۴۴	۱۶	۵۶	۱۳	۱۱	۲۷	۵۱	۳۸	۷۲
تبریز	۳۸	۱۷	۴۶	۳۷	۴	۳۸	۵۹	۱۰	۲۰
تهران	۴۱	۲۵	۵۱	۳۹	۴۲	۳۵	۲۹	۲۳	۳۸
خرم‌آباد	۲۵	۲۱	۴۸	۱۷	۲۹	۳۳	۵۵	۴	۳۴
رشت	۲۸	۳۵	۴۹	۱۳	۱۶	۳۷	۲۷	۴۱	۳۰
زنجان	۴۱	۲۸	۴۸	۱۴	۴۰	۳۶	۵۶	۲۹	۲۸
زاهدان	۱۹	۵۲	۶۰	۵۳	۲۹	۲۹	۵۲	۵۲	۷۱
سمنان	۵۹	۲۳	۵۳	۱۱	۳۴	۳۵	۲۴	۳۴	۴۳
مندج	۵۷	۵۹	۴۶	۱۵	۱۹	۳۵	۳	۵	۲۶

ادامهٔ جدول ۱ـ۸

نام مرکز	طول جغرافیایی			عرض جغرافیایی			انحراف قبله		
	ثانیه	دقیقه	درجه	ثانیه	دقیقه	درجه	ثانیه	دقیقه	درجه
ساری	۵۸	۱	۵۳	۴۶	۳۳	۳۶	۴۲	۴۳	۴۰
شیراز	۱۶	۳۲	۵۲	۵۶	۳۶	۲۹	۲۷	۲۴	۵۷
شهرکرد	۶	۵۱	۵۰	۳۹	۱۹	۳۲	۱۵	۲۹	۴۴
کرمان	۳۸	۴	۵۷	۲۶	۱۷	۳۰	۴	۲۰	۶۴
کرمانشاه	۵۶	۳	۴۷	۴۶	۱۸	۳۴	۱۲	۳	۲۸
مشهد	۲۰	۳۶	۵۹	۲۲	۱۷	۳۶	۱۵	۳۴	۵۴
همدان	۵۳	۳۰	۴۸	۵۵	۴۷	۳۴	۱۵	۵۲	۳۱
یاسوج	۵	۳۶	۵۱	۵۹	۳۹	۳۰	۵	۳۶	۵۱
یزد	۲	۲۲	۵۴	۵۶	۵۳	۳۱	۲۴	۳۷	۵۴

۳ـ۲ـ۲ـ۸ جهت‌یابی با نشانه‌های طبیعی

الف) جهت‌یابی با خزه‌ها و گلسنگ‌ها: سمت شمالی درختان و تخته‌سنگ‌ها گلسنگ‌ها و خزه‌های بیشتری دارد، چرا که نمناک‌تر و مرطوب‌تر از سمت جنوبی آن‌هاست. خزه در جایی رشد می‌کند که سایه و آب زیادی دارد. تنهٔ درختان در سمت شمالی سایه و رطوبت بیشتری دارد و در نتیجه، خزه‌ها معمولاً بیشتر در این سمت می‌رویند. با توجه به اینکه خزه در مناطق خشک رشد نمی‌کند، این روش با احتیاط فقط برای مناطق مرطوب کارایی دارد. همچنین، در نظر داشته باشید که معمولاً خزه در جهت نور آفتاب (جنوب) خرمایی رنگ است و در مکان‌های سایه و مرطوب سبز یا طوسی‌رنگ.

ب) جهت‌یابی با درختان: از آنجا که سمت شمالی درختان در معرض آفتاب کمتری است، درختان در این سمت شاخ و برگ کمتری دارند. به دلیل آنکه آفتاب بیشتر از سمت جنوب می‌تابد، درختان جنوب بهتر و بیشتر رشد می‌کنند. وجود درختانی مانند صنوبر سیاه و سفید، راش، بلوط، درختان آزاد، شاه بلوط هندی، افرای نروژی، و درخت اقاقیا صحت این مسئله را ثابت می‌کند. این درخت‌ها در جنوب بیشتر دیده می‌شوند.

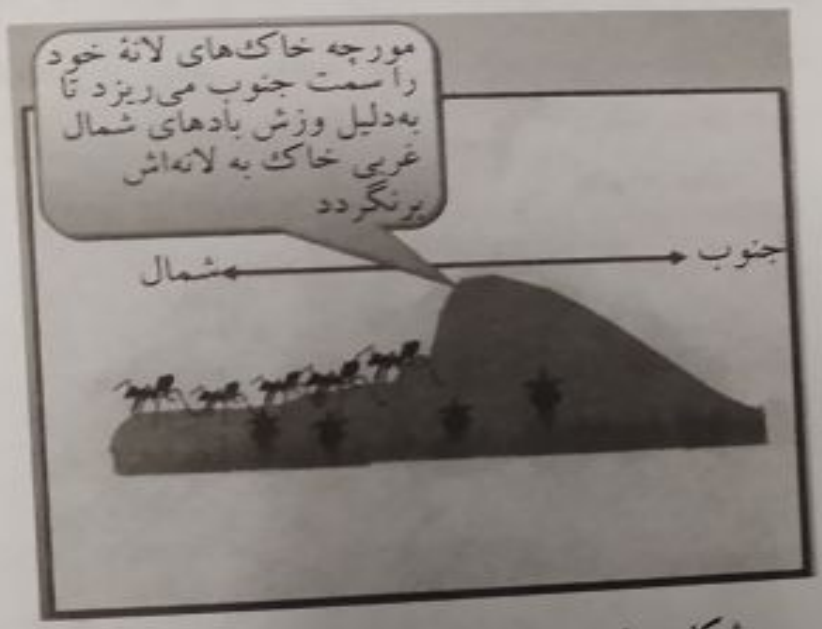
پوست درختان قدیمی در سمت رو به آفتاب (جنوب) معمولاً نازک‌تر است. پوسیده بودن یک طرف بیشتر درختان جنگل جهت شمال را به ما نشان می‌دهد. به خاطر نوع تابش خورشید شاخه‌های جنوبی اکثر درختان افقی‌تر و شاخه‌های شمالی عمودی‌ترند. معمولاً درختان برگ‌ریز در شیب‌های جنوبی تپه‌ها می‌رویند و سراشیب‌های شمالی همیشه سبز است. اگر مقطع درخت بریده‌شده‌ای را ببینید، تعدادی دوایر متحدالمرکز مشاهده می‌کنید که هریک نشان‌دهندهٔ یک سال از عمر درخت است. این دایره‌ها در یک سمت به هم نزدیک‌تر و در سمت دیگر از هم دورترند. سمتی که از هم دورترند، به علت تابش بیشتر خورشید، رشد بیشتری داشته‌اند و سمت جنوب است (به درختی نگاه کنید که ریشه‌اش در زمین باشد نه به کنده‌ای که بریده شده و بر زمین افتاده است). همچنین، سمتی که دایره‌ها به هم نزدیک‌ترند جهت شمال است (شکل ۹ـ۸).

شکل ۹ـ۸ جهت‌یابی با تنهٔ درخت

ج) جهت‌یابی به کمک گل‌ها و گیاهان: گیاهان و گل‌های درختان به سمت آفتاب متمایل‌اند، یعنی جنوب یا شرق. برخی از گیاهان برای جهت‌یابی اشتهار یافته‌اند. برای مثال، در امریکا گلی وجود دارد که همیشه جهت‌گیری شمالی-

جنوبی دارد (رشد برگ‌هایش به سمت خط شمال ـ جنوب است) و آن را گیاه قطب‌نما[1] و یا رُزینوید[2] می‌نامند؛ نام علمی آن سیلفیوم لاکینیاتوم[3] است و مسافران اولیهٔ این سرزمین از این گیاه برای جهت‌یابی استفاده می‌کردند. اوکالیپتوس استرالیایی هم گیاهی جهت‌یاب است؛ این گیاه، که در سرزمین‌های گرم و خشک می‌روید، برگ‌هایش رو به شمال یا جنوب است.

د) **جهت‌یابی به کمک حشرات:** مورچه‌ها برای اینکه هنگام روز از خاکریزشان به عنوان سایه‌بان استفاده کنند و راحت‌تر کار خود را انجام دهند، خاک لانهٔ خود را به سمت جنوب یا شرق می‌ریزند (شکل ۱۰ـ۸).



شکل ۱۰ـ۸ جهت‌یابی به کمک حشرات

1. Compass Plant
2. Rosinweed
3. Silphium Laciniatum