دکتر محمدحسین پاپلی یزدی
دانشگاه فردوسی مشهد

تصاویر جغرافیایی
(بخش اول)

یکی‌ازمباحث مهم در دروس کارتوگرافی، نقشه‌کشی ونقشه‌خوانی و نقشه‌برداری، تصاویر جغرافیائی وانتخاب تصویر مناسب است . درسالهای اخیر اساتید جغرافیا کمتر به‌این مبحث مهم می‌پردازند، علت اصلی این بی‌توجهی، پائین‌بودن سطح دانش ریاضی دانشجویان جغرافیا است . باید توجه داشت که برای درك ویژگیهای برخی‌ازتصاویر بویژه تصاویر مخروطی پایه‌های ریاضی بسیار قوی لازم است .

نظر باهمیتی‌که تصاویر درعلوم مربوط به‌نقشه دارند، کوشش می‌شود طی چندمقاله اصول عمده تصاویر آنهم تصاویر ساده درسطحی‌که مورد استفاده‌دانشجویان‌جغرافیا(که‌اکثراً دارای دیپلمهای فرهنگ‌وادب واقتصاد می‌باشند)واقع شود به‌چاپ برسد .

در روی کره ابعاد، زوایا، اشکال ومساحتها صحیح است . مهمترین مشکلی‌که درپیاده‌کردن تمامی یا بخشی ازکره در روی سطح مستوی (نقشه) پیش می‌آید تغییر درچهارحالت فوق است . یعنی در پیاده‌کردن تمام یا بخشی ازکره برروی سطح‌مستوی تغییرات چهارپدیده فوق حتمی است . لکن با توجه به‌تصویر انتخابی ممکن‌است تغییر دریکی از پدیده‌ها کمتر و درسه پدیده دیگر بیشتر باشد . مثلاً اگر هدف تهیه نقشه آموزشی باشد، می‌بایست شکل نقشه صحیح باشد تا دانشجو در ذهن خود شکل خاص

از همکاری آقای امیر حاج خداوردی‌خان تشکر می‌شود .

یك کشور را ثبت کند . بنابراین باید تصویری را انتخاب کرد که شکل صحیحی ارائه دهد ولو آنکه پدیده‌های دیگر درآن خطا باشد. یا اگرمنظور تهیه نقشه‌ایست که زوایا درآن صحیح باشد باید تصویری انتخاب گردد که زوایا را صحیح نشان دهد، حال اگر درشکل ومساحت وابعاد خطا بود باید صرف‌نظر کرد . البته با تلفیق تصاویر ساده می‌توان تصاویر ترکیبی تهیه کرد که تا درصد خطا را درسایر پدیده‌ها کاهش داد . درهرصورت با توجه به‌اهداف موردانتظار ازنقشه و درعین‌حال منطقه وناحیه‌ای که‌مایلیم ازآن نقشه تهیه کنیم ومقیاس نقشه موردنظر وسایر انتظارات باید تصویر مناسب انتخاب گردد . مثلاً درشرایط فعلی تصویر U. T. M بعنوان بهترین تصویر جهت پیاده‌کردن نقشه‌های $\frac{1}{250000}$ و $\frac{1}{500000}$ ایران‌انتخاب شده است .

اهمیت تصاویر برای دانشجویان دوره لیسانس جغرافیا به‌چند علت است. ۱ــ دانشجو با طرز پیاده‌کردن کره برروی‌سطح‌مستوی آشنا می‌گردد ۲ــ مشکلات واقعی پیاده‌کردن کره برروی سطح مستوی‌را درك می‌کند ۳ــ چون ترسیم تصاویر کاربست دقیق وظریف وبرای ترسیم آن می‌بایست همه ابزار اولیه نقشه‌کشی‌را بکارگرفت تمرین بسیار خوبی برای بالابردن مهارت و دقت دانشجو درامر ترسیم نقشه می‌باشد . ٤ــ ترسیم تصاویر درك دانشجوی جغرافیا را ازنقشه ومقیاس بالا می‌برد . مثلاً درتصاویر افقی ساده متوجه خواهد شد، که درتصویر افقی قطبی گنومونیك شکل ایران بسیار کشیده و درتصویر افقی قطبی استرئوگرافیك شکل ایران متعادل و درتصویر افقی قطبی ارتوگرافیك شکل ایران فشرده می‌گردد . در صورتیکه ازنظر اصول تصاویر ونقشه‌برداری هرسه نقشه صحیح است. (به‌شکلهای شماره ۲ــ۳و٤ رجوع شود) .

درپیاده‌کردن بخشی‌از کره برروی سطح‌مستوی (با استفاده ازتصاویر ساده) به‌سه عامل کره ــ منبع نور وصفحه یا سطحی که بر کره مماس‌می‌شود نیازاست . این سه‌پدیده ممکن‌است درحالتهای زیر باشد .

درترسیم تصاویر ساده باید نوع صفحه، محل تماس صفحه با کره و

محل تابش نور را انتخاب کرد . اما در تصاویر ترکیبی ممکن‌است بعوض یك صفحه چندصفحه انتخاب شود . مثلاً درتصویر چندمخروطی بجای آنکه فقط یك مخروط را دریك مدار (عرض) جغرافیائی مماس کنند چند مخروط را برچند مدار دلخواه مماس می کنند .

شکل صفحه	افقی (مستوی)	مخروطی	استوانه‌ای	
محل تماس صفحه*	در روی قطب (شمال یا جنوب)	در استوا	درسایرنقاط کره	به‌ضریبی‌ازشعاع کره دربیرون‌کره (خیلی کم است)
محل تابش نور	در مرکز	در روی‌قطب	خارج از کره به ضریبی‌ازشعاع‌کره	در بینهایت

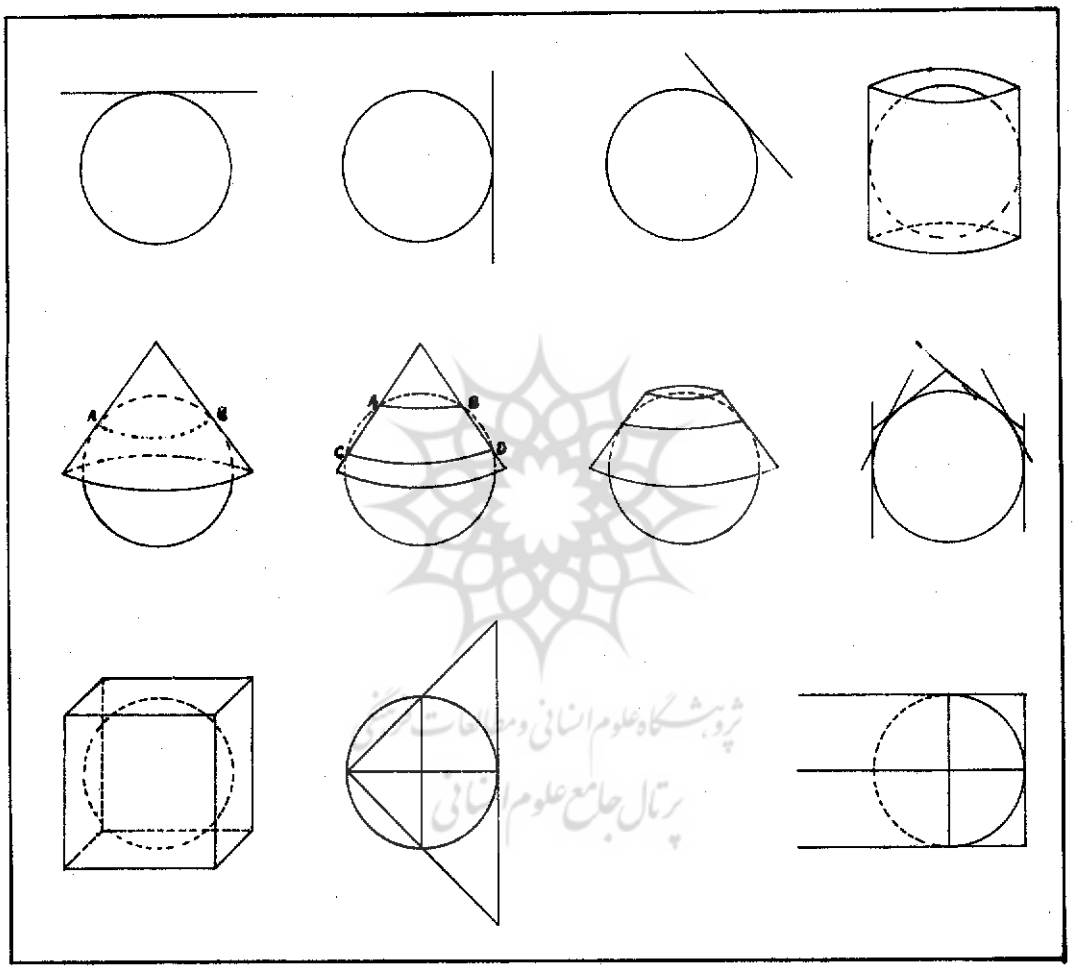
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

بنابراین با ترکیب پدیده‌های فوق ممکن‌است تصاویر بسیاری بدست آورد، ولی همه تصاویر نه ازنظر تئوری ونه‌ازنظر عملی مورد استفاده ندارند . فقط تصاویر معدودی هستند که درسطح جهانی پذیرفته شده‌اند.

دراین بخش ازمقاله طرز ترسیم چند تصویر را بیان می کنیم . لکن باید درمسأله تصاویر بویژه برای کسانیکه پایه ریاضی آنها بسیار ضعیف است توجه داشت که حضور وتوضیح استاد لازم است .

---

* شکل ۱ .



شکل ۱ ــ انواع تصاویر برحسب صفحه و نقطه تماس

جدول شماره ۱ ــ مختصات جغرافیائی ۲۲ نقطه ایران بقرار زیر است :

	طول جغرافیائی	عرض جغرافیائی
۱	۴۴	۴۰
۲	۴۶	۳۹
۳	۴۸	۳۹/۵
۴	۴۹	۳۷/۵
۵	۵۲	۳۶/۵
۶	۵۴	۳۷
۷	۵۴	۳۷/۵
۸	۵۷	۳۸/۵
۹	۶۱	۳۶/۵
۱۰	۶۱	۳۱/۵
۱۱	۶۲	۳۱
۱۲	۶۱	۳۰
۱۳	۶۳	۲۷
۱۴	۶۱/۵	۲۵
۱۵	۵۷/۵	۲۶
۱۶	۵۷	۲۷/۹
۱۷	۵۳/۵	۲۷
۱۸	۵۰	۳۰
۱۹	۴۸/۵	۳۰
۲۰	۴۵	۳۴
۲۱	۴۶	۳۵/۵
۲۲	۴۴	۳۸

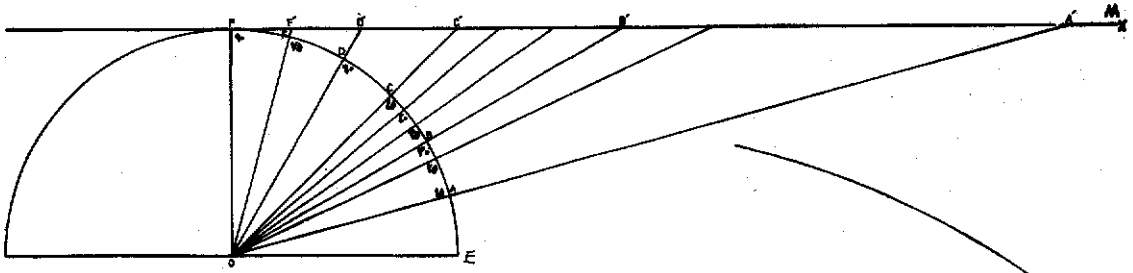
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تصاویر قطبی :

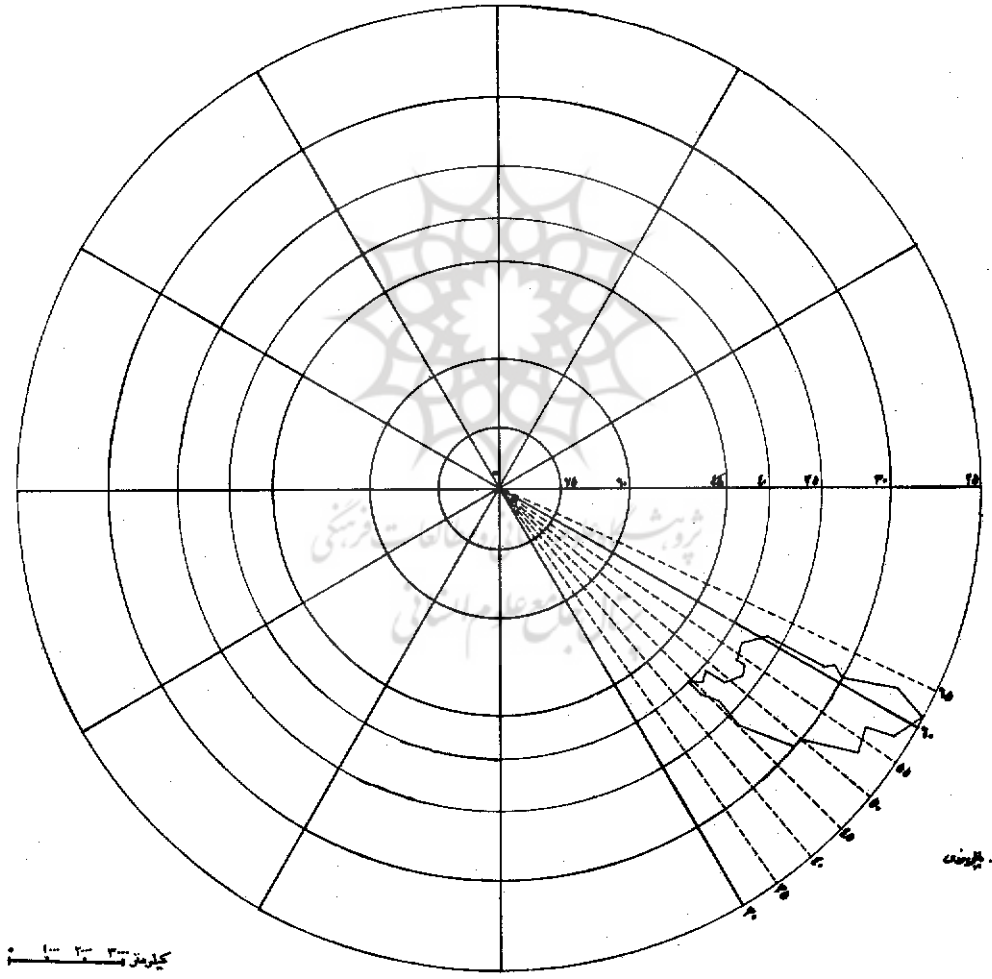
۱ــ تصویر افقی قطبی گنومونیك (مرکزی) :

دراین تصویر، صفحه افقی M برقطب P مماس است ومنبع نور در مرکز دایره (نقطه o) قرار دارد .

دراین تصویر بخشی‌از نیمکره (شمالی یا جنوبی) قابل ترسیم است وامکان ترسیم دایرهٔ استوا نیست . دراین تصویر جهات، شکل ومساحت تاحدود مدار قطبی نسبةً صحیح است ، لکن هرچه‌ازقطب دورشویم فواصل مدارات ازیکدیگر دورتر می‌شود وخطا درشکل، مساحت وابعاد افزایش می‌یابد . بنابراین این‌تصویر برای مناطق قطبی مناسب است .



الف



ب

شکل ۲ ــ تصویر افقی قطبی مرکزی (گنومونیک)

مثال- تصویر افقی قطبی گنومونیك (مرکزی) را با شعاع $\frac{۱}{۲۰۰۰۰۰۰۰}$ و با مدارات °۱۵ و نصف‌النهارات °۳۰ درجه، °۱۵ درجه رسم کنید و سپس ایران‌را با مختصات داده‌شده درجدول ۱ در روی آن پیاده کنید.

شعاع تقریبی کره‌زمین با مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰۰۰۰۰۰}$، ۳ سانتی‌متر است (R = ۳ cm)

رسم مدارات: دایره‌ای با شعاع OP (شکل ۱) برابر ۳ سانتی‌متر (R = ٦ cm) رسم می‌کنیم. صفحهٔ افقی M را درنقطهٔ P (قطب) بر دایره مماس می‌کنیم. درشکل ۲ خط Px نشان‌دهندهٔ صفحهٔ M است. چون منبع نور درمرکز دایره یا نقطهٔ O قرار دارد، ازاین نقطه بی‌نهایت پرتو به‌صفحهٔ M می‌تابد.

دراین‌جا فقط پرتوهائی‌را که تحت زاویه °۱۵ درجه نسبت به‌یکدیگر ونسبت به‌دایرهٔ استوا (E) قرار دارند ترسیم می‌کنیم. با کمك نقاله زوایای ۱۵ درجه را بین E (استوا) و P (قطب) جدا می‌کنیم وآنهارا C,B,A, F,D می‌نامیم، سپس از O به‌این نقاط وصل کرده وامتداد می‌دهیم تا صفحهٔ M (خط px) را به‌ترتیب درنقاط F',D',C',B',A' قطع کند.

به‌این‌ترتیب درعمل تصویر (سایهٔ) مدارات ۱۵ درجه‌ای‌را روی‌صفحهٔ افقی به‌دست آورده‌ایم. حال برای پیاده‌کردن مدارات به‌دست‌آمده باید به‌شعاع PA',PB',PC',PD' و PF' دایره‌های متحدالمرکزی‌رسم کنیم.(شکل۲ ب)

درحقیقت P ، قطب در °۹۰ و درمرکز دایره واقع‌است و F' در °۷۵ و D' در °٦۰ و C' در °٤۵ و B' در °۳۰ و A' در ۱۵ درجه از دایرهٔ استوا قرار دارند.

محاسبهٔ طول شعاع مدارات PA',PB' ... نسبت به‌شعاع OP به‌شرح زیر است.

درعمل دراین‌جا (شکل۲ الف) مثلثهای قائم‌الزاویه‌ای داریم که زاویهٔ قائمهٔ آن درقطب P یا محل تقاطع خط Px با شعاع دایره است. یکی ازاضلاع این مثلث قائم‌الزاویه شعاع دایره است که طول آن برابر با ۳ سانتی‌متر است (R =۳) و وتر آن OA',OB' و ... است. ضلع دیگر این مثلثها PA',PB' ... است که همان شعاع مدارات موردنظر می‌باشد. برای

به‌دست‌آوردن طول این ضلع ازاین اصل مثلثاتی استفاده می‌کنیم که طول یك ضلع درمثلث قائم‌الزاویه برابراست با حاصلضرب تانژانت زاویهٔ روبر درضلع مجاور . پس دراینجا به‌تعبیر دیگر می‌توان گفت طول شعاع مدا ۷۵° یا PA' برابراست با تانژانت‌زاویهٔ‌روبروی‌آن درشعاع‌دایره یا به‌عبارت دیگر PA' = R tag ۱۵°.

باید توجه کرد چون A' در زاویه ۷۵° نسبت به‌استوا (A' نسبت‌به P) واقع‌است پس زاویهٔ POA' درمثلث قائم‌الزاویه OPA' که همان زاویهٔ مقابل ضلع PA' یا شعاع موردنظر برای ۷۵° است برابر ۱۵° = ۷۵° − ۹۰° می‌باشد یا درحقیقت A' نسبت به E دایره استوا در ۱۵ درجه واقع است. بنابراین مقدار شعاع مدارهای مختلف در رابطه زیر مشخص می‌شود .

شعاع‌مدارات	نسبت به قطب P	نسبت به استوا E
PA'	R tag ۱۵° = ۰/۸ سانتی‌متر	R tag $(\frac{\pi}{۲} - ۷۵°)$ = ۰/۸ سانتی‌متر
PB'	R tag ۳۰° = ۱/۷۳	R tag $(\frac{\pi}{۲} - ۶۰°)$ = ۱/۷۳
PC'	R tag ۴۵° = ۳	R tag $(\frac{\pi}{۲} - ۴۵°)$ = ۳
PD'	R tag ۶۰° = ۵/۱۹	R tag $(\frac{\pi}{۲} - ۳۰°)$ = ۵/۱۹
PF'	R tag ۷۵° = ۱۱/۱۹	R tag $(\frac{\pi}{۲} - ۱۵°)$ = ۱۱/۱۹

رسم نصف‌النهارات : دراین تصویر رسم نصف‌النهارات بسیار ساده‌است. چون مدارات به‌صورت دایره‌های کاملی هستند بنابراین با کمك نقاله دایره را به‌درجات خواسته‌شده (دراین‌جا ۳۰° درجه، ۳۰° درجه) تقسیم می‌کنیم وازمرکز دایره (نقطهٔ P) که همان قطب است به‌نقاط به‌دست‌آمده وصل می‌کنیم. خطوط به‌دست‌آمده همان نصف‌النهارات‌هستند . بدین‌ترتیب دراین تصویر نصف‌النهارات خطوطی مستقیم‌هستند که با یکدیگر برابرند وازنقطهٔ قطب نیز می‌گذرند .

برای مدرج کردن نصف‌النهارات، معمولاً مبنا یا صفر گرینویچ را در قسمت پائین (یا درنقطهٔ $\frac{3\pi}{2}$ دایرهٔ مثلثاتی) قرار می‌دهیم. بنابراین نقطهٔ صفر مثلثاتی بر ۹۰° شرقی و $\frac{\pi}{2}$ بر ۱۸۰° و π بر ۹۰° غربی منطبق‌است.

۲ـ تصویر افقی قطبی استرئوگرافیك :*

ویژگیها :

۱ـ صفحهٔ افقی برنقطهٔ P (قطب) مماس است.

۲ـ منبع نور روی کره و یا درحقیقت درنقطهٔ P' (قطب جنوب) واقع است.

۳ـ دایرهٔ استوا وحتی عرضهای جنوبی به‌غیرازنقطهٔ قطب جنوب‌قابل ترسیم است. (لکن بهتراست فقط یك نیمکره رسم شود).

۴ـ مدارات دایره‌های متحدالمرکزی هستند که هرچه ازمحل تماس صفحه با کره (قطب شمال) دور شوند خطا درآنها افزایش می‌یابد.

۵ـ نصف‌النهارات خطوطی مستقیم ومساوی هستند.

۶ـ هرچه ازقطب شمال دور شویم خطا درمساحت، شکل و اندازه‌ها افزایش می‌یابد.

۷ـ دراین تصویر زوایا ثابت می‌مانند.

مثال : تصویر افقی قطبی استرئوگرافیك با مقیاس $\frac{1}{200/000/000}$ ومدارات ۱۵° ونصف‌النهارات را ۳۰° درجه رسم کنید وایران را طبق مختصات جدول شماره ۱ در روی آن پیاده کنید.

رسم مدارات : مشابه تصویر قبلی دایره‌ای به شعاع ۳ سانتی‌متر رسم می‌کنیم (شکل۳) وخط Px راکه نشان‌دهندهٔ صفحهٔ M است درنقطهٔ P برآن مماس می‌کنیم. برای ترسیم نیمکرهٔ شمالی با کمك نقاله زوایای ۱۵° درجه را بین E (استوا) و P (قطب) جدا می‌کنیم وآنهارا A,B,C,D و F

* توجه دانشجویان را به‌این نکتهٔ ساده‌که بیشتر درترسیم موجب خطا می‌گردد جلب می‌کند. دراین تصویرمثل کلیهٔ تصاویری‌که نور ازمرکز نمی‌تابد اگرنقاله‌کوچکتر یا بزرگتر ازشعاع دایره‌باشد،ابتدابایدنقطهٔ به دست آمده برای هردرجه راکه درداخل ویا خارج دایره قرارمی‌گیرد با توجه به مرکز دایره، O به روی دایره انتقال داد.

می‌نامیم. سپس از 'P برابن نقاط وصل کرده وامتداد می‌دهیم تـا خط Px را به‌ترتیب درنقاط 'A, 'B, 'C, 'D و 'F قطع کند.

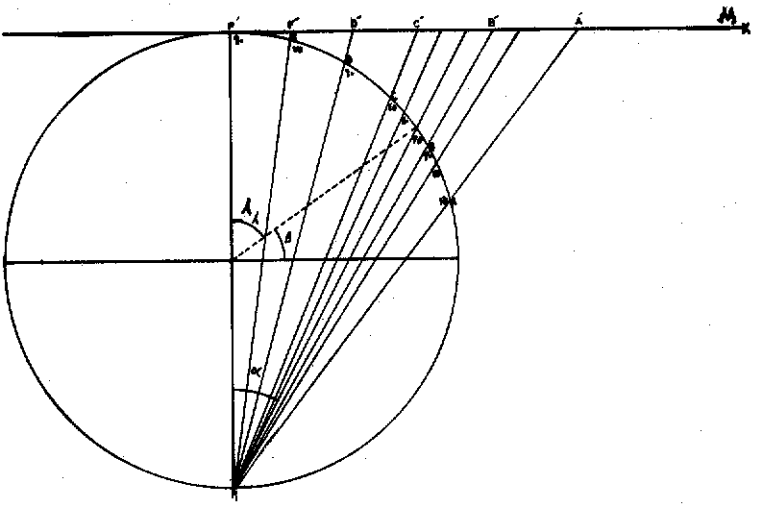
به‌این‌ترتیب درعمل تصویر مدارات ۱۵ درجه‌ای‌را روی صفحهٔ افقـی به‌دست آورده‌ایم. حال برای پیاده کردن‌مدارات به‌دست‌آمده باید دایره‌های متحدالمرکزی به‌شعاع 'PA, 'PB, 'PC, 'PD و 'PF رسم کنیم (شکل۳ب).

درحقیقت P ، قطب در ۹۰° و درمرکز دایره واقع‌است و 'F در ۷۵°، 'D در ۶۰°-، 'C در ۴۵°-، 'B در ۳۰° و 'A در ۱۵° از دایرهٔ استوا قرار دارند.

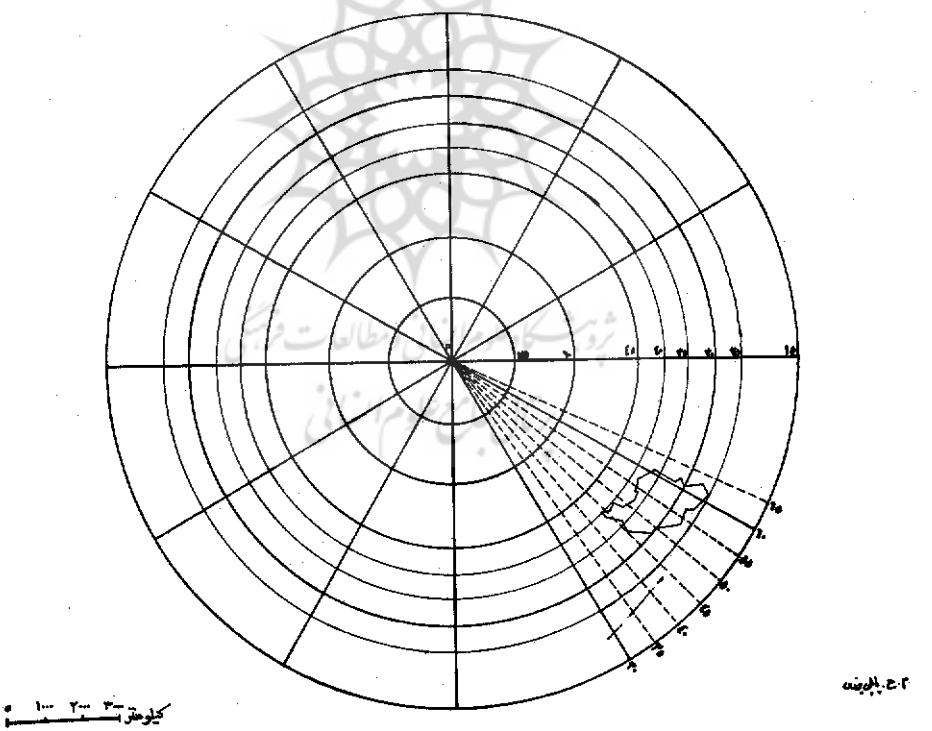
محاسبه‌طول‌شعاع‌مدارات: محاسبهٔ‌طول‌شعاع‌مدارات 'PA, 'PB و... نسبت به‌قطر 'PP به‌شرح زیر است: درعمل دراین‌جا مثلثهای قائم‌الزاویه‌ای‌داریم

شعاع مدارات	نسبت به قطر 'PP
'PA	$۲ R \tan \frac{۱۵^\circ}{۲} = ۰/۷۸$
'PB	$۲ R \tan \frac{۳۰^\circ}{۲} = ۱/۶$
'PC	$۲ R \tan \frac{۴۵^\circ}{۲} = ۲/۴۸$
'PD	$۲ R \tan \frac{۶۰^\circ}{۲} = ۳/۴۶$
'PF	$۲ R \tan \frac{۷۵^\circ}{۲} = ۴/۶$

که زاویهٔ قائمه آن درقطب P یا محل تقاطع خط Px بـا 'PP (قطردایره) است. یکی‌ازاضلاع این مثلث قائم‌الزاویه قطر دایره است که طول آن برابر با ۶ سانتی‌متر ($۲R = ۶$ cm) و وتر آن 'A'P, 'B'P و ... می‌بـاشد. ضلـع دیگر این مثلثها 'PA, 'PB و... است که همان شعاع مـدارات موردنظـر می‌باشد. برای به‌دست‌آوردن طول شعاع مدارات ازایـن اصـل مثلثاتـی



الف



ب

شکل ۳ ــ تصویر افقی قطبی استرئوگرافیک

استفاده می کنیم که طول یك‌ضلع درمثلث قائم‌الزاویه برابراست با حاصل‌ضرب تانژانت زاویهٔ روبرودرضلع مجاور. پس دراین‌جا باید زاویه <PP'A' را به‌دست آوریم. می‌دانیم که چون کمان روبرو به‌زوایای PoA < و <PP'A' یکی‌است، ونقاط O و P' به‌ترتیب مرکز وقطب جنوب دایره است ، بنابراین خواهیم داشت: $< PP'A' = \frac{< PoA}{۲}$

وچون زاویهٔ $< PoA = ۹۰ - ۱۵^\circ = ۷۵^\circ$ است پس $<PP'A' = \frac{۷۵^\circ}{۲} = ۳۷\frac{۱^\circ}{۲}$

است . لذا : $PA' = ۲ \, Rtag \, ۳۷\frac{۱^\circ}{۲} = ۴/۶$

رسم نصف‌النهارات : مشابه تصویر افقی قطبی گنومونیك (مرکـزی) عمل می‌شود .

۳ـ تصویر افقی قطبی استرئوگرافیك (گیوم پستل) :

ویژگیها :

۱ـ صفحهٔ افقی برنقطهٔ P (قطب) مماس است .

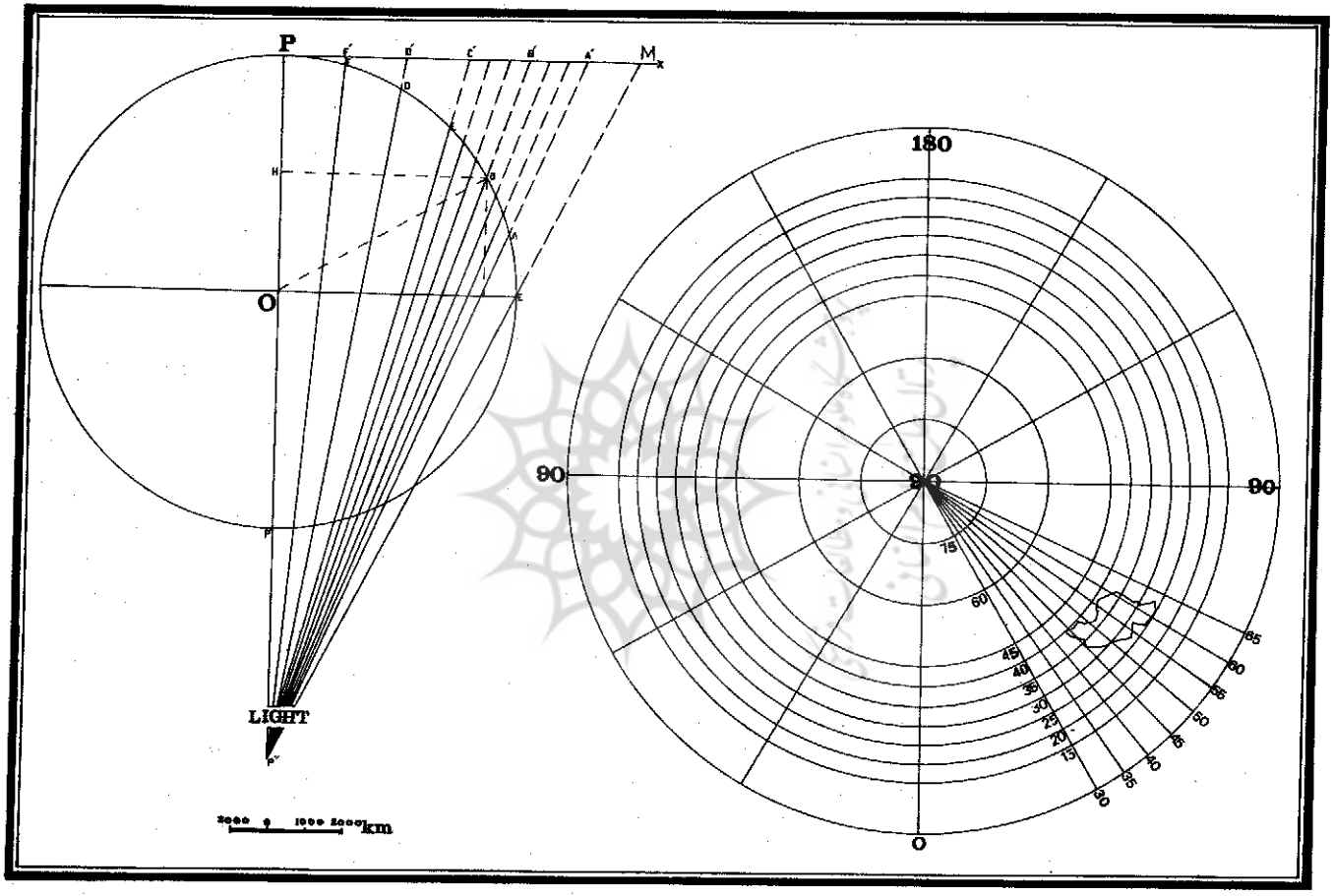
۲ـ منبع نور درخارج ازکره به‌فاصلهٔ r ۳ ازمحل تماس صفحهٔ M قرار دارد ، یعنی به‌اندازه r (شعاع دایره) قطر PP' را امتـداد می‌دهیم . یعنی اگر شعاع ۳ سانتی‌متر باشد منبع نور در ۹ سانتی‌متری صفحهٔ M یا خط Px قرار دارد .

۳ـ دراین تصویر تمام کرهٔ زمین ازقطب شمال تا جنوب قابل تـرسیم است. لکن تصویر نیمکرهٔ جنوبی دارای خطای بسیار زیاد خواهد بود و در عمل اگر بخواهیم تصویر هردونیمکره را داشته باشیم باید دوبار تصویر را رسم کنیم، یك‌دفعه صفحه برقطب شمال و دفعهٔ دیگر صفحه برقطب جنـوب مماس باشد .

٤ـ مدارات دایره‌های متحدالمرکزی هستند که هرچه ازمحل تماس صفحه با کره (قطب شمال) دور شوند خطا درآنها افزایش می‌یابد . لکـن خطای آن درقسمت نیمکرهٔ شمالی کمتراز دوتصویر قبـل است .

۵ـ مشابه‌دوتصویرقبل‌نصف‌النهارات خطوطی مستقیم و مساوی‌هستند .

٦ـ هرچه ازقطب شمال دور شویم خطا درمساحت، شکل واندازه‌هـا افزایش می‌یابد .



شکل ۴ ــ سیستم تصویر مستوی قطبی گیوم پستل (تصویر ایران)

۷ـ دراین تصویر زوایا ثابت می‌ماند.

مثال : تصویر افقی قطبی گیوم‌پستل با مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰/۰۰۰/۰۰۰}$ با مدارات °۱۵ ونصف‌النهارات °۳۵ رسم کنید وطبق مختصات جدول شمارهٔ ۱ در روی آن پیاده کنید.

رسم مدارات : مشابه تصاویر قبل دایره‌ای به‌شعاع ۳ سانتی‌متر رسم می‌کنیم (شکل ٤) وخط Px راکه نشان‌دهندهٔ صفحهٔ M است درنقطهٔ P بر آن مماس می‌کنیم. برای ترسیم نیمکرهٔ شمالی با کمك نقاله زوایای °۱۵ را بین E (استوا) و P (قطب) جدا می‌کنیم وآنهارا A,B,C,D و F می‌نامیم. حال قطر دایره را به‌اندازهٔ طول شعاع r درجهت 'PP امتداد می‌دهیم تا نقطهٔ "P ، محل منبع نور به‌دست آید. سپس از "P برنقاط A, B,C,D,F متصل کرده وامتداد می‌دهیم تا خط Px را به‌ترتیب درنقاط 'A,'B,'C,'D و'F قطع کنند.

به‌این‌ترتیب درعمل مدارات ۱۵ درجه‌ای را روی صفحهٔ افقی به‌دست آورده‌ایم. حال‌برای پیاده کردن مدارات به‌دست آمده باید دایره‌های متحدالمرکزی به‌شعاع 'PA, 'PB, 'PC, 'PD و 'PF رسم کنیم (شکل ٤ ب).

درحقیقت P ، قطب در °۹۰ و درمرکز دایره واقع است و'F در °۷۵، 'D در °٦۰، 'C در °٤۵، 'B در °۳۰ و 'A در °۱۵ از دایرهٔ استوا قرار دارند.

محاسبه‌طول‌شعاع‌مدارات: طول شعاع مدارات 'PA, 'PB, ... نسبت به "PP (۳ r) به‌روش زیر محاسبه می‌شود : درعمل مثلثهای قائم‌الزاویه‌ای داریم که زاویهٔ‌قائمهٔ آن درقطب P یا محل تقاطع خط Px با "PP است. یکی‌ازاضلاع این مثلث قائم‌الزاویه خط "PP می‌باشد که طول آن برابر ۳ r = ۹ cm است. وتر آن خطوط 'P"A, 'P"B و... است. برای به‌دست آوردن ضلع دیگر این مثلث که همان شعاع مدارات موردنظر یا 'PA, 'PB, ... است، باید اندازهٔ زاویهٔ مقابل این ضلع (زاویهٔ واقع در "P̂) را به‌دست آورده و از رابطهٔ مثلثاتی ۳ r tag P̂" استفاده کنیم.

دراین‌جا برای سهولت کار فقط طول شعاع مدار °۳۰ را محاسبه می‌کنیم، بدیهی‌است که محاسبهٔ سایر مدارات مانند مدار °۳۰ خواهد بود.

برای این کار از نقطهٔ B یا ۳۰° عمودی بر "PP فرود می‌آوریم وپای عمود را H می‌نامیم. حال مثلث قائم‌الزاویهٔ "HBP به‌دست می‌آید.

دراین مثلث ضلع HB برابر تصویر شعاع OB (۳۰°) برصفحه استوا است ومقدار آن برابر r.Cos ۳۰° = ۲/۵۹ cm است.

برای محاسبهٔ ضلع "HP ازاین مثلث باید طول OH را محاسبه کرده و به‌مقدار r ۲ اضافه نماییم. OH تصویر شعاع OB برخط OP است ومقدار آن برابر r.Sin۳۰° = ۱/۵ cm است. بنابراین : "HP = ۲R + ۱/۵ = ۷/۵ cm

حال درمثلث قائم‌الزاویه "HBP خواهیم داشت :

$$\text{tag } \hat{P}'' = \frac{HB}{HP''} = \frac{r\cos ۳۰^\circ}{۲r + r\sin ۳۰^\circ} = \frac{۲/۶}{۷/۵} = ۰/۳۴۶ \qquad P'' = ۱۹/۱۱^\circ$$

حال درمثلث قائم‌الزاویهٔ P''PB' طول PB' به‌صورت زیر به‌دست‌می‌آید:

$$PB = ۳r \text{ tag } ۱۹^\circ/۱۱' = ۳/۱۱ \text{cm}$$

برای سایر مدارات‌همین شیوهٔ محاسبه‌برای هرمدار به‌طور جداگانه عمل می‌شود.

رسم **نصف‌النهارات** : رسم نصف‌النهارات مانند تصاویر قبل است.

۴ـ تصویر افقی قطبی ارتوگرافیك :

ویژگیها :

۱ـ صفحهٔ افقی برنقطهٔ P (قطب) مماس است.

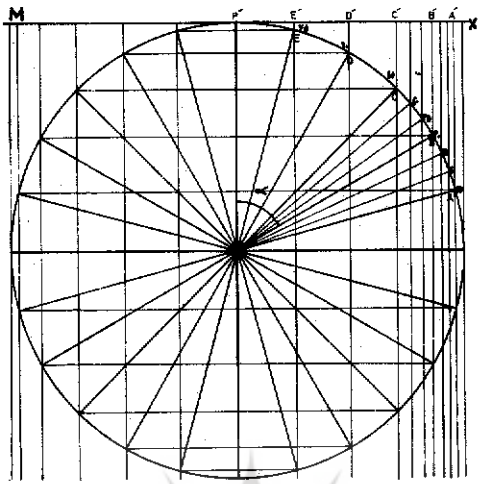
۲ـ منبع نور درخارج کره و دربی‌نهایت قرار دارد.

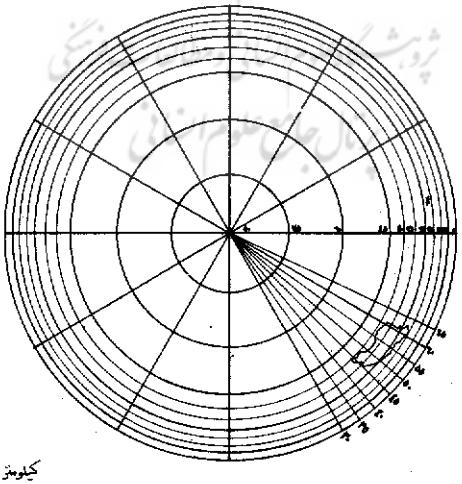
۳ـ دراین تصویر فقط یك نیمکره قابل ترسیم است واگر تصویر تمام سطح کرهٔ زمین موردنظر باشد، باید دونیمکره را جدا ازهم تصویر کنیم، یکبار صفحه را برقطب شمال ومنبع نور را درطرف مقابل وبار دیگر صفحه را درقطب جنوب ومنبع نور را درطرف دیگر قرار دهیم.

۴ـ مدارات دایره‌های متحدالمرکزی هستند که هرچه ازمحل تماس صفحه با کره (قطب شمال) دور شوند خطا درآنها افزایش می‌یابد.

۵ـ مشابه تصاویر قبل نصف‌النهارات خطوطی مستقیم ومساوی‌هستند.

۶ـ هرچه ازقطب شمال دور شویم خطا درمساحت، شکل و اندازه‌ها افزایش می‌یابد. لکن برعکس تصاویر قبلی هرچه ازقطب دورشویم





کیلومتر ۳۰۰۰ ۲۰۰۰ ۱۰۰۰ ۰

شکل ۵ ــ تصویر افقی قطبی " ارتوگرافیک"

اندازه‌ها، شکلها ومساحتها کوچکتر از اندازه‌های واقعی می‌شوند.

۷ـ دراین تصویر زوایا ثابت باقی می‌مانند.

مثال: تصویر افقی قطبی ارتوگرافیك با مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰/۰۰۰/۰۰۰}$ و مدارات °۱۵ ونصف‌النهارات °۳۰ رسم کنید وایران را طبق مختصات‌جدول شماره ۱ در روی آن پیاده کنید.

رسم مدارات: مشابه تصاویر قبل دایره‌ای بـه‌شعاع ۳ سانتی‌متـر رسم می‌کنیم (شکل۶) وخط Px راکه نشان‌دهندهٔ صفحهٔ M است درنقطهٔ P برآن مماس می‌کنیم. برای ترسیم نیمکرهٔ شمالی با کمك نقاله زوایای °۱۵ را بین E (استوا) و P (قطب) جدا می‌کنیـم و آنهـا را D,C,B,A و F می‌نامیم. چون منبع نور دربی‌نهایت قرار دارد.بنابـراین پـرتوها به‌طـور موازی با یکدیگر (موازی با قطر PP') وعمود برصفحهٔ M می‌تابند. لـذا طول هریك ازشعاع مدارات برابراست با طول تصویر شعاعی از دایره‌که از مرکز به‌درجهٔ موردنظر رسم شده‌است. یعنی مثلاً برای °۳۰ مقدار شعـاع مدار برابراست با: $PB' = r \cos ۳۰^\circ = ۲/۵۹ cm$

رسم نصف‌النهارات: مشابه تصاویر قبل عمل می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شعاع مدارات	نسبت به قطر PP'
PF'	r Cos ۷۵° = ۰/۷۷ cm
PD'	r Cos ۶۰° = ۱/۵
PC'	r Cos ۴۵° = ۲/۱۲
PB'	r Cos ۳۰° = ۲/۵۹
PA'	r Cos ۱۵° = ۲/۸۹

تصاویر استوانه‌ای :

درتصویر استوانه‌ای فرض براین‌است که استوانه طویلی بریکی‌از مدارات کرهٔ زمین مماس است. البته درتصاویر استوانه‌ای معمولی، استوانه بر دایره استوا مماس است. اما تصاویری که کاربرد آنها بسیار محدود است وجود دارند که استوانه بریکی‌از مدارات ویا بریکی‌از نصف‌النهارات مماس است.

۱ـ تصویر استوانه‌ای مرکارتو :

ویژگیها :

۱ـ استوانه بر دایرهٔ استوا مماس است .

۲ـ منبع نور درمرکز کره قرار دارد .

۳ـ دراین تصویر تمام نقاط کره زمین غیراز قطبین قابل ترسیم است. زیرا نوری که ازقطبین می‌تابد موازی با محور استوانه خواهد بود وآن‌را قطع نمی‌کند .

٤ـ مدارات خطوطی مساوی وموازی هستند . بنابراین هرچه از استوا دور و به‌قطبین نزدیکتر شویم ، خطا درطول مدارات زیادتر می‌شود . بعلاوه فاصلهٔ مدارات نیز باهم مساوی نیست وهرچه به‌قطبین نزدیکتر شویم فاصلهٔ مدارات ازیکدیگر افزایش می‌یابد .

۵ـ نصف‌النهارات نیز خطوطی مساوی وموازی هستند .

٦ـ هرچه ازمحل تماس یعنی استوا دور وبه‌قطبین نزدیکتر شویم خطا درمساحت، ابعاد وشکل افزایش می‌یابند .

۷ـ دراین تصویر نسبت زوایای نقاط باهم صحیح است .

۸ـ این تصویر برای نقشه‌های آموزشی مفید است واکثر نقشه‌های با مقیاس بسیار کوچك که درکلاسهای درس مورد استفاده قرار می‌گیرند با این سیستم تصویر رسم می‌شوند .

مثال : تصویر استوانه‌ای گنومونیك (مرکارتور) را با مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰/۰۰۰/۰۰۰}$ ومدارات را ۱۵ درجه، ۱۵ درجه ونصف‌النهارات را ٦۰ درجه، ٦۰ درجه ترسیم کنید . ایران را طبق مختصات جدول شماره ۱ در

روی آن پیاده کنید.

دراین تصویر فرض براین‌است که استوانه‌را در دایرهٔ استوا بر کره مماس می‌کنیم وپس‌ازآن‌که تصویر کره روی استوانه تشکیل‌شد، استوانه‌را بازمی‌نماییم.

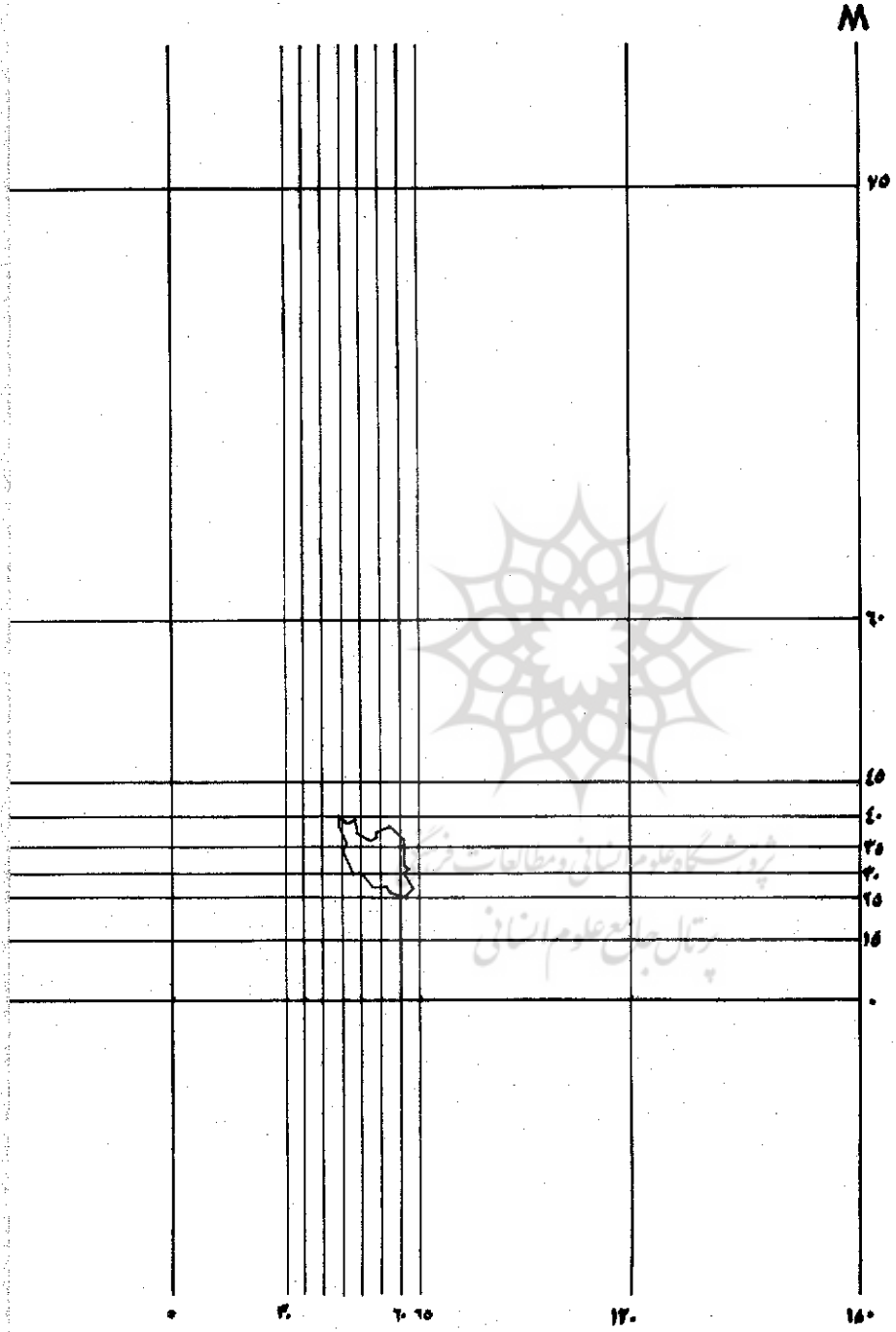
برای این‌کار دایره‌ای به‌شعاع ۳ سانتی‌متر (شکل۷) رسم می‌کنیم. دو قطر عمود برهم از دایره راکه یکی دایرهٔ استوا و دیگری محور زمین است رسم می‌کنیم. زوایای موردنظر (۱۵ درجه، ۱۵ درجه) را به‌کمك نقاله روی دایره تعیین‌می‌کنیم. خط L راکه نمایانگر خطی ازسطح جانبی‌استوانه است در دایرهٔ استوا بر کره مماس می‌کنیم . نور ازنقطهٔ O (مرکز کره) به‌زوایای مزبور می‌تابد وپس‌ازعبور ازکره به‌خط L برخورد می‌کند، آن گاه درمحل برخورد منکسر می‌شود وبه‌طور عمود برخط L وبه اندازهٔ $2\pi r$ (محیط دایرهٔ استوا) امتداد می‌یابد . این خطوط بیانگر مدارات کره زمین می‌باشد ، بنابراین دراین تصویر مدارات باهم مساوی و موازی هستند . وهمهٔ آنها برابر محیط دایرهٔ استوا می‌باشند . درصورتی‌که درواقع مدارات نسبت به‌یکدیگر از رابطهٔ کسینوسی (cos) تبعیت می‌کنند .

دراین تصویر نه تنها طول مدارات اشتباه‌است بلکه فاصلهٔ مدارات نیز با یکدیگر مساوی نیستند وهرچه به‌قطبین نزدیکتر می‌شویم فاصله آنها بیشتر می‌گردد . بنابراین ابعاد مناطق کشیده‌تر می‌شود، به‌طوری‌که دراین تصویر مساحت گرینلند با حدود $۲۰۰/۰۰۰/۰۰۰\ km^2$ بزرگتر ازمساحت آفریقا با حدود $۳۰/۰۰۰/۰۰۰\ km^2$ دیده می‌شود .

محاسبهٔ فاصلهٔ مدارات نسبت به‌استوا . (با مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰/۰۰۰/۰۰۰}$)

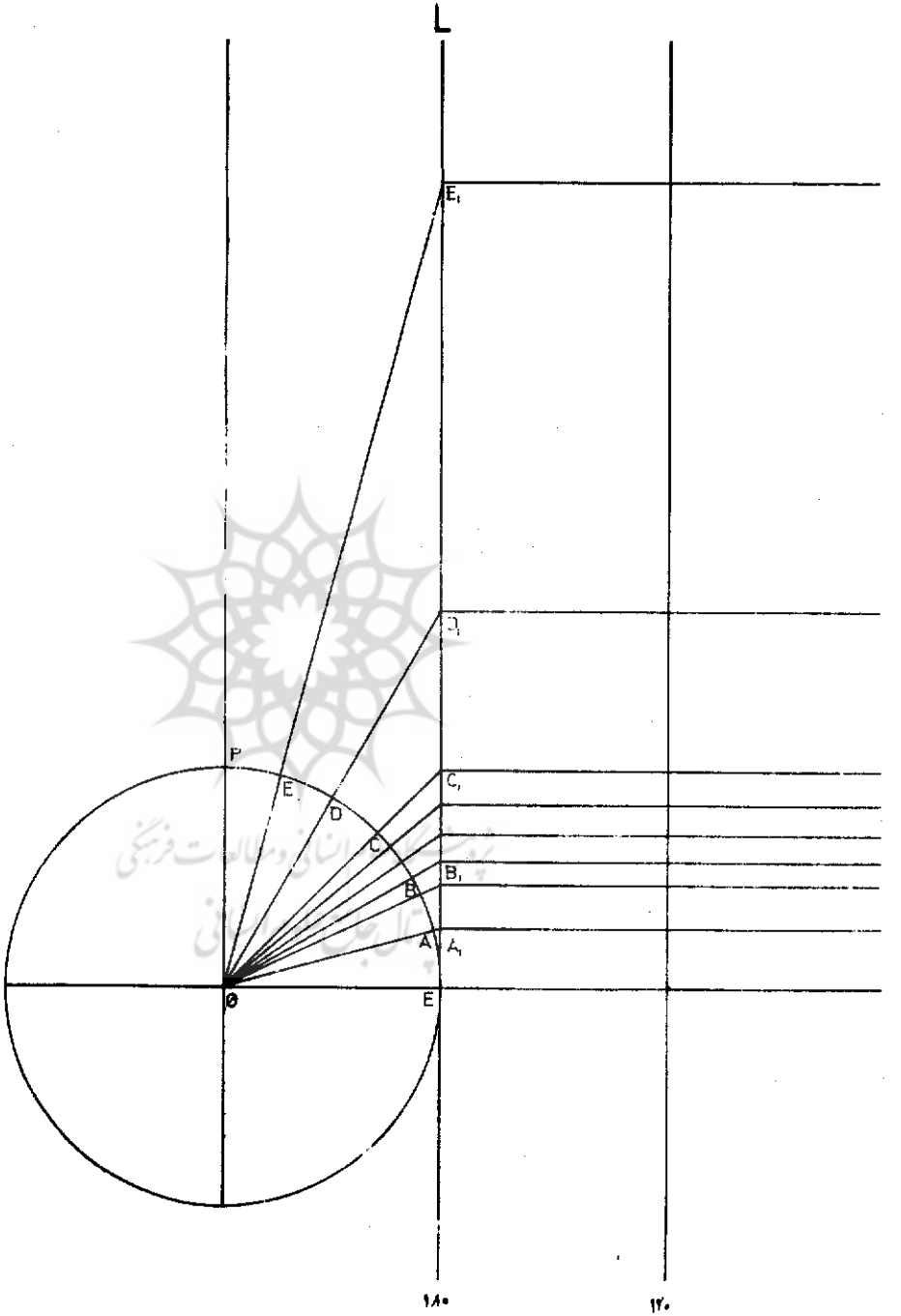
می‌دانیم که روی زمین فاصلهٔ دومدار همه‌جا با هم مساوی وتقریباً برابر ۱۱۱ کیلومتر است. همان‌طوری‌که ذکر شد فاصلهٔ مدارات دراین تصویر صحیح نیست وبا استفاده از روابط مثلثاتی به‌دست می‌آید .

رسم نصف‌النهارات : دراین تصویر نصف‌النهارات باهم‌مساوی‌وموازی هستند وهمچنین فواصل آنها نیز باهم مساوی است. خط L که مماس بر دایرهٔ استوا است به‌عنوان نصف‌النهار ۱۸۰° غربی درنظر می‌گیریم . خط



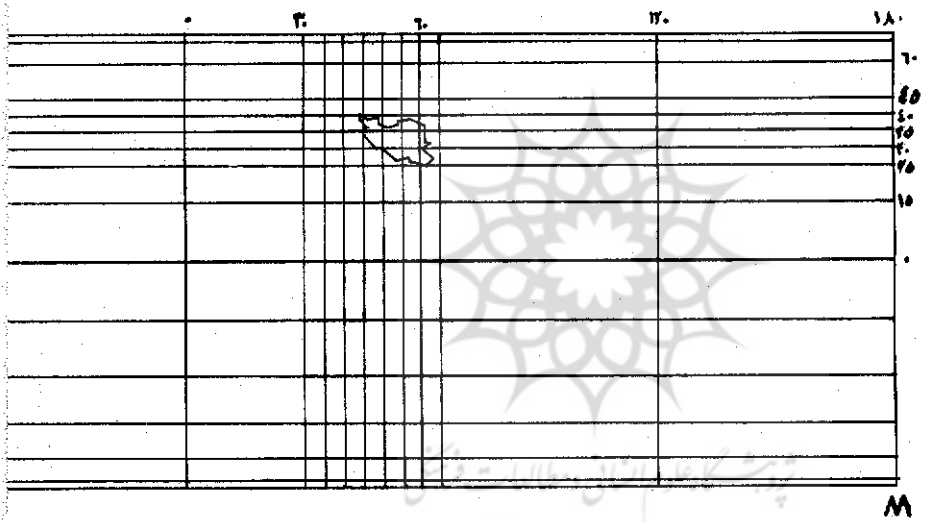
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شکل ۶ ــ تصوی



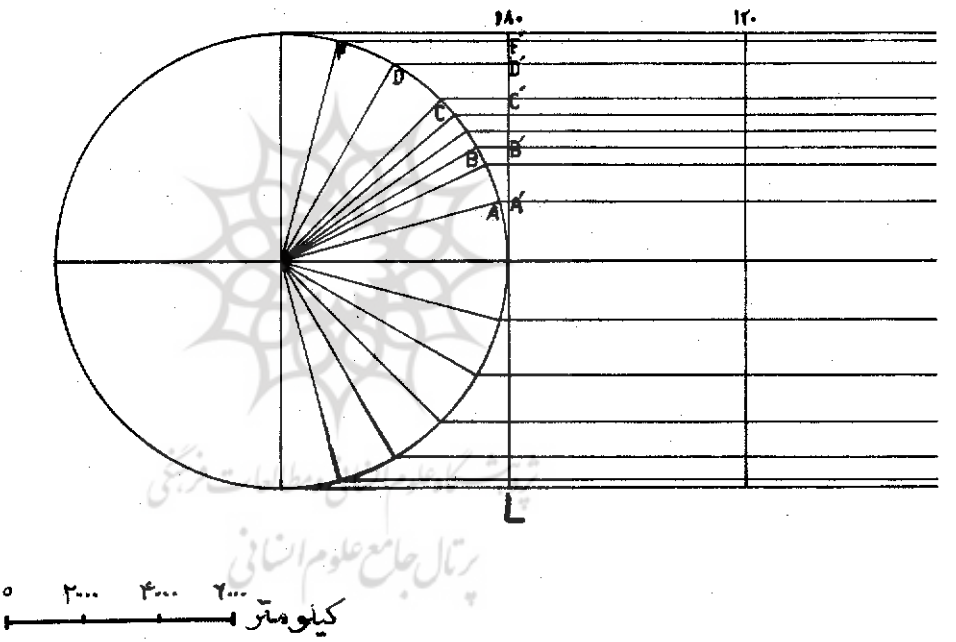
۰ ۳۰۰۰ ۶۰۰۰ کیلومتر

سرانداى گنوموبیک



پرتال جامع علوم انسانی

شکل ۷ ــ تصویر استوانه‌ای



پرتال جامع علوم انسانی

تصحیح شده مرکاتور

فاصله نسبت به مدار قبلی	فاصله مدارات ازدایرهٔ استوا بامقیاس $\frac{1}{200/000/000}$	
۰/۸	r tan ۱۵° = ۰/۸ cm	EA_1
۰/۹۳	r tan ۳۰° = ۱/۷۳ cm	EB_1
۱/۲۷	r tan ۴۵° = ۳ cm	EC_1
۲/۱۹	r tan ۶۰° = ۵/۱۹ cm	ED_1
۶	r tan۱/۵° = ۱۱/۱۹ cm	EE_1

M را به‌موازات خط L و به‌فاصلهٔ $2\pi R$ ازآن رسم می‌کنیم وآن‌را نصف‌النهار ۱۸۰° شرقی قرار می‌دهیم. نقطهٔ وسط این دوخط نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد. سایر نصف‌النهارات به‌روش مشابه ترسیم می‌گردد. طول نصف‌النهارات با رابطه tan زاویه طبق جدول محاسبه فاصله مدارات نسبت به‌استوا به‌دست می‌آید.

۲ـ تصویر استوانه‌ای تصحیح‌شده مرکارتور :

این تصویر مانند تصویر مرکارتور رسم می‌شود با این تفاوت که در مرکارتور استوانه یك استوانه طویل است و دراین تصویر طول ارتفاع استوانه برابر محور کره زمین است.

ویژگیها :

۱ـ استوانه بر دایره مماس است.

۲ـ منبع نور درمرکز کره قرار دارد.

۳ـ دراین تصویر تمام نقاط کره زمین قابل ترسیم است.

٤ـ مدارات خطوط مساوی وموازی هستند. هرچه ازاستوا دور وبه قطبین نزدیك‌شویم خطا درطول مدارات زیادتر می‌شود. فاصله مدارات با هم مساوی نیست وهرچه به‌قطبین نزدیکتر شویم فاصله مدارات به یکدیگر نزدیکتر وفشرده‌تر می‌شود.

۵ـ نصف‌النهارات خطوط مساوی وموازی با یکدیگر و درست‌باندازه طول محور کره زمین (دایره‌ترسیم شده که نمایانگر کره زمین است) می‌باشد.

۶ـ هرچه ازمحل تماس یعنی استوا دور وبه‌قطبین نزدیکتر شویم خطا درمساحت، ابعاد وشکل افزایش می‌یابد، لکن نسبت خطا درعرضها ۴۵° به بالا بیشتر از استوا تا ۴۵ درجه است.

۷ـ دراین تصویر نسبت زوایای نقاط باهم صحیح است.

مثال ـ تصویر استوانه‌ای گنومونیك (مرکارتور تصحیح‌شده) را با مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰/۰۰۰/۰۰۰}$ ومدارات را ۱۵ درجه، ۱۵ درجه ونصف‌النهارات‌را ۶۰درجه، ۶۰ درجه ترسیم کنید وایران‌را طبق مختصات جدول شماره ۱ در روی آن پیاده کنید.

برای ترسیم این تصویر چون تصویر قبلی دایره‌ای به‌شعاع ۳ سانتی‌متر ترسیم می‌کنیم خط L را بر دایره استوا مماس می‌نمائیم و زوایای موردنظر را در روی دایره جدا می‌کنیم. تفاوت عمده دراین تصویر با تصویر قبلی درآنست که دراینجا نور درست در روی کره و درمحل زوایای موردنظر می‌شکند وبه‌موازات دایره استوا (عمود برخط L) انتشار یافته وباندازه $۲\pi R$ ($۲\times۳\times۳/۱۴=۱۸/۸۴$ cm) امتداد می‌یابد. این خطوط‌نمایانگر مدارات کره زمین می‌باشند. بنابراین دراین تصویر چون تصویر قبلی مدارات باهم مساوی وموازی می‌باشند وهمه باندازه $۲\pi R$ خواهند بود، لکن درتصویر قبلی هرچه به‌قطبین نزدیکتر شویم مدارات از هم فاصله بیشتر می‌گیرند و دراین تصویر برعکس مدارات بهم فشرده‌تر می‌شوند.

محاسبهٔ فاصلهٔ مدارات نسبت به‌استوا. (با مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰/۰۰۰/۰۰۰}$)

فاصله مدارات دراین تصویر صحیح نیست وبا استفاده ازروابط‌مثلثاتی بدست می‌آید.

رسم نصف‌النهارات: دراین تصویر نصف‌النهارات با هم مساوی و موازی هستند وهمچنین فواصل آنها نیز باهم مساوی‌است. خط L که مماس بردایره استوا است به‌عنوان نصف‌النهار ۱۸۰° غربی درنظر می‌گیریم. خط

درجه مدارات	برحسب شعاع ۳ سانتی‌متر	فاصله با مدار قبلی به سانتی‌متر
EA_1 (۱۵°)	R sin ۱۵° = ۰/۷۷ cm	۰/۷۷
EB_1 (۳۰°)	R sin ۳۰° = ۱/۵	۰/۷۳
EC_1 (۴۵°)	R sin ۴۵° = ۲/۱۲	۰/۶۲
ED_1 (۶۰°)	R sin ۶۰° = ۲/۵۹	۰/۴۷
EF_1 (۷۵°)	R sin ۷۵° = ۲/۸۹	۰/۳
EP_1 (۹۰°)	R sin ۹۰° = ۳	۰/۱۱

M را به‌موازات خط L و به‌فاصله $2\pi R$ از آن رسم می‌کنیم و آن‌را نصف‌النهار ۱۸۰° شرقی قرار می‌دهیم. نقطه وسط این‌دو خط نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد. سایر نصف‌النهارات به‌روش مشابه ترسیم می‌گردد. طول نصف‌النهارات با رابطه sin زاویه طبق جدول محاسبه فاصله مدارات نسبت به‌استوا به‌دست می‌آید. درحقیقت مجموع طول فاصله‌مدارات مساوی طول نصف‌النهار است که درعمل طول هر نصف‌النهار مساوی $2R$ یا قطر دایره است. ($2R = ٦$)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی