

طریقه برداشت و پیاده کردن نقشه‌های ثبتی در ایالات متحده امریکا

نوشته:

مهندس ایرج شمس ملک‌آرا

استاد دانشکده فنی

مقدمه

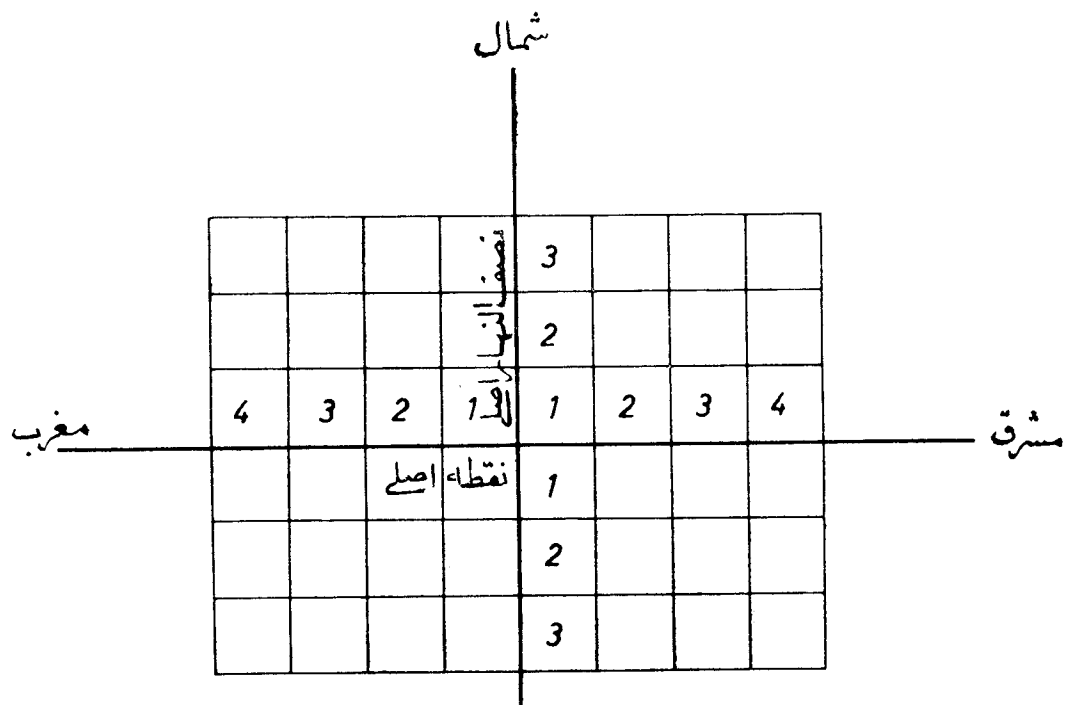
یکی از مسائل فنی که در تمام کشورهای متمدنی جهان از مدتها پیش مورد عمل بوده و اینک بدرجه تکامل رسیده است نقشه برداری ثبتی و تهیه نقشه‌های بزرگ مقیاس کاداستر (Cadastre) است که علاوه بر تعیین و تشخیص حدود صحیح مالکیت اشخاص و مؤسسات و دولت مبنای کلیه اصلاحات ارضی و شهرسازی و کارهای عمرانی میباشد و چون در کشور ما هنوز نقشه برداری ثبتی انجام نشده و موضوع از لحاظ اتخاذ روش مناسبی مورد توجه میباشد لذا شایسته است که روش‌های مختلف برداشت‌های ثبتی از لحاظ فنی مورد بررسی و تحقیق قرار گیرد.

در اکثر کشورهای اروپایی که نقشه برداری ثبتی، بیش از صد سال قبل با روش برداشت زمینی شروع شده، ولی برای تکمیل یا تجدید نقشه‌ها روش برداشت بوسیله عکس‌های هوایی یا (Photogrammetry) را اتخاذ نموده‌اند که هم سریع‌تر و هم ارزان‌تر و هم دارای جزئیات زیادتری است، و دقت آن هم منوط بمقیاس عکس و نوع دستگاهی میباشد که برای تبدیل عکس‌ها به نقشه بکار میرود.

چون این جانب اخیراً در ایالات متحده امریکا قسمتی از مطالعات خود را در اداره ثبت اراضی (Bureau of Land management) و سازمان نقشه برداری شهر واشنگتن (Coast and Geodetic Surveys) انجام دادم از لحاظ اینکه نقشه برداری ثبتی در ایالات متحده امریکا بصورت ساده و منظم شطرنجی است که برداشت و پیاده کردن و یا عبارت دیگر (ترسیم و تقسیم) با هم و یکجا صورت میگیرد (Rectangular Survey System) و از طرف دیگر در کشور ما اراضی وسیع تقسیم نشده موجود است که میتوان در مورد آنها طریقه برداشت شطرنجی را معمول داشت لذا در این مقاله جزئیات مربوط باین طریقه و همچنین نکات فنی آن بطور کامل شرح داده میشود و اضافه مینماید که چون واحدهای طول و سطح در کشورهای متحده امریکا فوت (Foot) و مایل (Mile) و ایگر (Acre) میباشد ولی در کشور ما متر و کیلومتر و هکتار است لذا در تمام محاسبات اعداد و ارقام به هر دو واحد تعیین شده است و بدیهی است چنانچه طریقه

برداشت شطرنجی برای بعضی از قسمت های کشور در نظر گرفته شود میتوان بجای شش مایل که طول ضلع مربع سطح شهر یا (Township) است و برابر ۹۶۰۴ متر میباشد رقم صحیح نزدیک بآن که ۱۰ کیلومتر است در نظر گرفت و همچنین بجای طول ضلع مربع قطعات که یک مایل و برابر ۱۶۰۹ متر است رقم صحیح ۲ کیلومتر را منظور نمود و باین ترتیب سطح شهر به ۲۰ قطعه تقسیم خواهد شد که مساحت هر یک از قطعات ۴ کیلومتر مربع میشود (و تقریباً پوشش سطحی یک عکس هوایی بمقیاس $\frac{1}{10000}$ میباشد). طول ضلع ربع قطعات هم ۱ کیلومتر و ربع ربع قطعات هم که کوچکترین واحد تقسیم بندی است . . . متر خواهد شد که مساحت آن ۲۰ هکتار میشود که یک واحد مناسب برای کشاورزی است و اینک در زیر بشرح کامل طریقه برداشت شطرنجی میپردازیم.

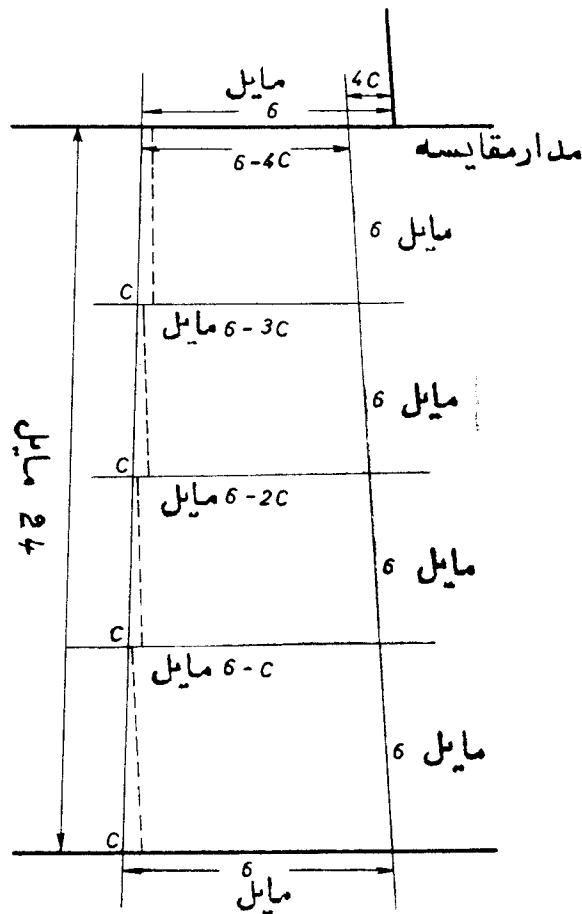
۱- مرکز محورهای مختصات در برداشت شطرنجی - برای هر نوع برداشت و تقسیم بندی لازم است که مرکز مختصات را تعیین نمود در طریقه برداشت شطرنجی این مرکز که آنرا نقطه مبدا (Initial Point) مینامند در محل مناسبی با عرض و طول جغرافیائی معین (Longitude و Latitude) انتخاب میشود محورهای مختصات یکی امتداد نصف النهار مبدا (Principal Meridian) و دیگری امتداد عمود بآن یا امتداد مماس به مدار مبدا میباشد که خط پایه یا (Base Line) نامیده میشود.



شکل ۱

دوطرف خط پایه و نصف النهار مبدا که امتداد آنها در روی زمین مشخص میگردد بفواصل برابر شش مایل (Mile) تقسیم و علامت گذاری میشود (هر مایل برابر ۱۷۶۰ یارد یا ۱۶۰۹ متر است و بنابراین ۶ مایل برابر ۹۶۰۴ متر خواهد بود). هر یک از تقسیمات چهار ضلعی که باین ترتیب در بین دو امتداد

نصف النهاری و دو امتداد مداری عمود آن بدست میآید. یک Township یا سطح شهر مینامند که واحد اصلی تقسیم بندی اراضی است (بجای سطح شهر میتوان کلمه فارسی **شارسان** را بکاربرد). شکل هندسی یک سطح شهر که تقریباً یک مربع به اضلاع شش مایل است با وجود آنکه دارای زوایای قائمه میباشد معادل یک بدلیل تقارب امتداد نصف النهارها **Convergency of Meridians** مربع کامل نیست و طول ضلع شمالی آن باندازه C که میزان آن در قسمت ۲ تعیین شده است از طول ضلع جنوبی کمتر میباشد ولی طول اضلاع شرقی و غربی که در امتداد نصف النهار میباشد همواره برابر شش مایل خواهد بود. و برای آنکه اختلاف بین طول اضلاع مداری سطح شهرهای مختلف زیاد نشود در جهت شمال به جنوب در هر ۲ مایل که برای چهار سطح شهر است مدار مقایسه جدیدی برای تعیین طول ضلع جنوبی سطح شهر بعدی در نظر میگیرند و در امتداد این مدار که آنرا مدار اصلاحی نیز مینامند طول ضلع جنوبی باز همان شش مایل کامل خواهد بود. بنابراین حداکثر اختلاف بین طول اضلاع مداری سطح شهرهای مختلف هیچگاه از C تجاوز نخواهد کرد (شکل ۲).



شکل ۲

۲- محاسبه تقارب نصف النهارها - برای محاسبه مقدار C میدانیم که زاویه تقارب دو نصف النهار

که روی شکل ۵ نامیده شده برابر:

$$\theta = \lambda \sin \varphi$$

میباشد که در آن زاویه λ اختلاف طول جغرافیائی دو نصف النهار مورد نظر و زاویه φ عرض جغرافیائی مدار متوسط ab میباشد (شکل ۳) بعلاوه اگر طول مدار متوسط ab را d فرض کنیم و R شعاع متوسط کره زمین باشد خواهیم داشت:

$$\lambda = \frac{d}{R \cos \varphi}$$

و بنا بر این :

$$\theta = \frac{d \sin \varphi}{R \cos \varphi} = \frac{d}{R} \operatorname{tg} \varphi \quad (\text{رادیان})$$

چون شعاع متوسط کره زمین در حدود $۲.۰۸۹.۰۰۰$ فوت است که برابر ۶۳۶۹۹.۰۰ متر میشود لذا چنانچه طول مدار مزبور یعنی d را به واحد مایل تعیین کنیم مقدار زاویه θ بر حسب ثانیه بقرار زیر خواهد بود.

$$\theta'' = \frac{۱۸۰ \times ۶۰ \times ۶۰ \times ۵۲۸۰}{۳۱۴ \times ۲۰۸۹۰۰۰} \cdot d \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (\text{فوت برابر یک مایل است})$$

من باب مثال برای $d = ۶$ مایل و $\varphi = ۴۳^{\circ}۲۰'$ خواهیم داشت:

$$\theta'' = ۵۲۱۳ \times ۶ \times \operatorname{tg} ۴۳^{\circ}۲۰' = ۵۲۱۳ \times ۶ \times ۰.۹۴۳۴۵ = ۲۹۵'' = ۴'۵۵''$$

بعلاوه از معادله θ نتیجه میشود:

$$C = L \cdot \theta = \frac{d \cdot L}{R} \operatorname{tg} \varphi$$

که در آن L طول نصف النهار در بین دو مدار است و چنانچه L و d هر دو بواحد مایل تعیین شوند مقدار C بواحد فوت بقرار زیر خواهد بود:

$$C = \frac{(۵۲۸۰)^2}{۲۰۸۹۰۰۰} \cdot d \cdot L \operatorname{tg} \varphi = \frac{۲۷۸۷۸۰۰۰}{۲۰۸۹۰۰۰} \cdot d \cdot L \operatorname{tg} \varphi$$

که میتوان با تقریب کافی آنرا بصورت :

$$C = \frac{4}{3} d \cdot L \operatorname{tg} \varphi \quad \text{فوت نوشت.}$$

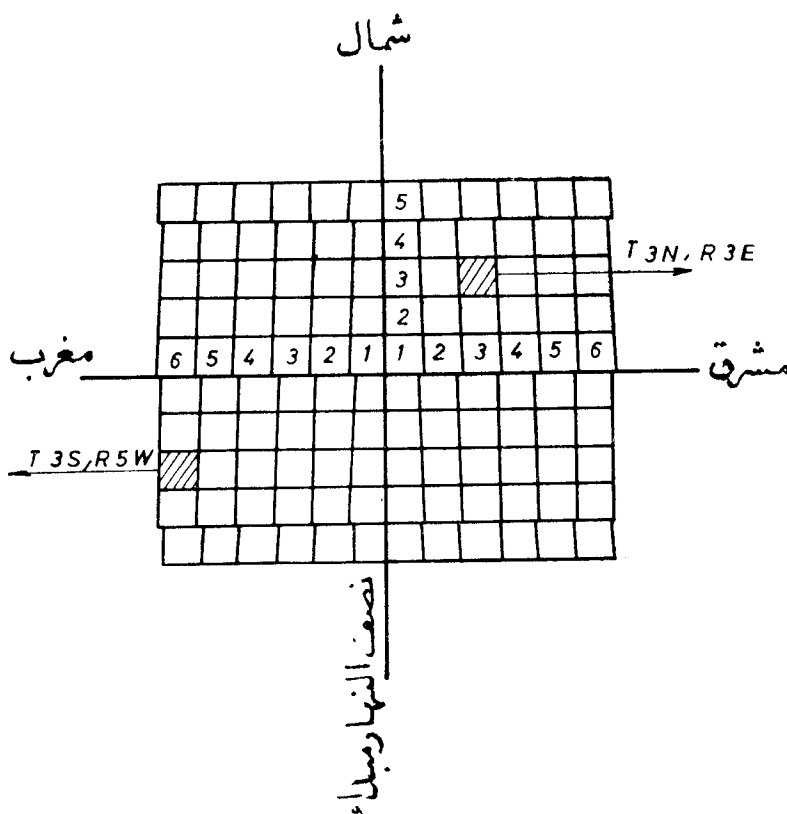
من باب مثال برای $d = L = ۶$ مایل و $\varphi = ۴۳^{\circ}۲۰'$ خواهیم داشت :

۴۵ فوت و ۳ اینچ $= \frac{4}{3} \times ۳۶ \times ۰.۹۴۳۴۵ = C$ که با توجه باینکه هر متر برابر ۳۲.۸ فوت است در حدود ۱۳۸۰ متر خواهد شد و بنا بر این حداکثر اختلاف طول اضلاع مداری سطح شهرها در اطراف مدار $۴۳^{\circ}۲۰'$

بطوریکه در فوق شرح داده شد معادل C ۴ یعنی ۱۸۱ فوت یا ۵۰۲ متر خواهد شد و بعداً خواهیم دید که این اختلاف را به چه ترتیب در تقسیم بندیهای جزء ملحوظ میدارند.

تبصره - $43^{\circ}20'$ عرض جغرافیائی مدار متوسط کشور آمریکا است و در مورد کشور ایران باید مدار 32° را در نظر گرفت که تقریباً عرض جغرافیائی متوسط میباشد.

۳- طرز تعیین موقعیت و شماره گذاری سطح شهرها - چند سطح شهر مجاور را در امتداد شمال و جنوب یک (رج) (Range) و در امتداد شرق و غرب یک (ردیف) (Tier) مینامند که علامت اولی R و دومی T است و با توجه به محورهای مقایسه سطح شهرها، یک در شمال خط پایه قرار دارند با علامت شمالی یا (N) وسط شهرهای جنوبی خط پایه را با علامت جنوبی یا (S) و همچنین سطح شهرهای شرقی نصف النهار مبداء را با علامت شرقی یا (E) و غرب نصف النهار مزبور را با علامت غربی یا (W) مشخص مینماید و بعلاوه شماره هرج و ردیف را هم بترتیب اعداد مطابق شکل ۴ تعیین مینماید.

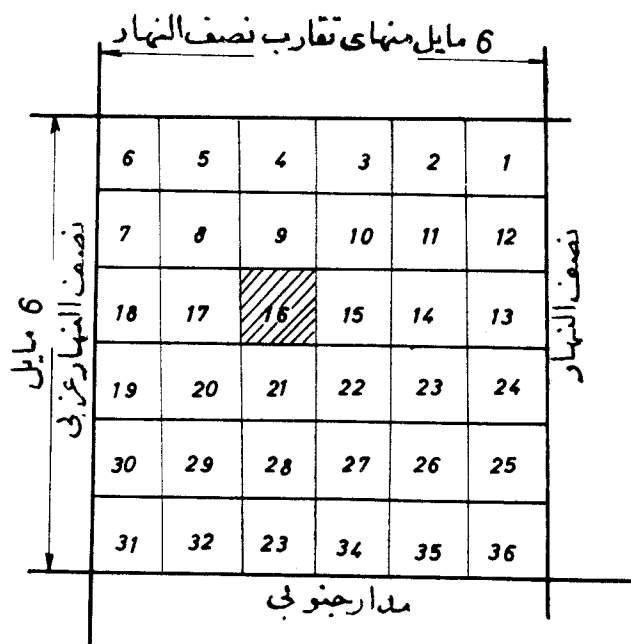


شکل ۴

من باب مثال سطح شهر رج سوم شرقی و ردیف سوم شمالی ($T3N, R3E$) و سطح شهر رج پنجم غربی و ردیف سوم جنوبی ($T3S, R5W$) نامیده میشود.

بعلاوه برای آنکه شماره اعداد زیاد نشود در فواصل مناسب نصف النهار مبداء و خط پایه جدیدی در نظر میگیرند که مناطق مختلف را تشکیل خواهند داد.

۴- تقسیم‌بندی سطح شهر به قطعات - یک سطح شهر را که تقریباً یک مربع بابعاد شش مایل است به ۳۶ قطعه (Section) باین ترتیب تقسیم می‌نمایند که از یک طرف خطوطی به فاصله‌های یک مایل و بموازات نصف النهار حد شرقی سطح شهر و از طرف دیگر خطوطی بموازات خط پایه و بفاصله‌های یک مایل در نظر می‌گیرند این خطوط که در روی زمین نیز مشخص خواهند شد سطح شهر را به ۳۶ قطعه تقسیم می‌کنند. بدیهی است بدلیل تقارب نصف النهارها قطعات مجاور نصف النهار غربی سطح شهر بشکل ذوزنقه و بعرض کم‌تراز یک مایل خواهند بود ولی بقیه قطعات مربع کامل و هر یک بمساحت یک مایل مربع هستند که برابر ۲۷۰۸ کیلومتر مربع میشود.



شکل ه

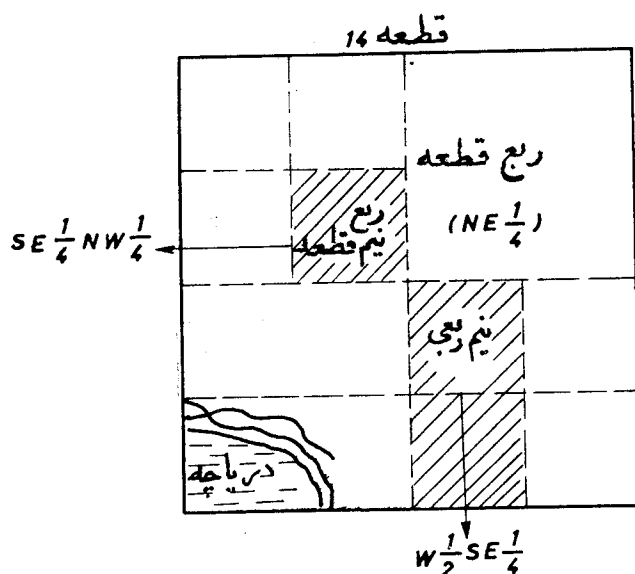
ضلع شمالی ذوزنقه‌های فوق‌الذکر هر یک باندازه :

$$\frac{C}{6} = \frac{4 \text{ فوت و } 3 \text{ اینچ}}{6} = \frac{7 \text{ فوت و } 6 \text{ اینچ}}{6}$$

که تقریباً برابر ۳ متر است از ضلع جنوبی آنها کوتاه‌تر خواهد بود و در شماره گذاری قطعات هم مطابق شکل ه از طرف شمال به جنوب و متناوباً از شرق به غرب و از غرب به شرق است قطعات ۶ و ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰ و ۱۱ و ۱۲ و ۱۳ و ۱۴ و ۱۵ و ۱۶ و ۱۷ و ۱۸ و ۱۹ و ۲۰ و ۲۱ و ۲۲ و ۲۳ و ۲۴ و ۲۵ و ۲۶ و ۲۷ و ۲۸ و ۲۹ و ۳۰ و ۳۱ و ۳۲ و ۳۳ و ۳۴ و ۳۵ و ۳۶ کوچکترین آنها قطعه ۶ میباشد. بطوری که قبلاً گفته شد هر مایل برابر ۱۷۶۰ یارد (Yard) یا ۱۶۰۹ متر است و بنا بر این مساحت یک قطعه که یک مایل مربع میباشد برابر $(1760)^2 = 3097600$ یارد مربع خواهد شد و چون واحد اندازه‌گیری سطح در ایالات متحده آمریکا (ایکر) است که برابر ۴۸۴ یارد مربع میباشد بنا بر این مساحت یک قطعه کامل درست مساوی $\frac{3097600}{484} = 6400$ ایکر خواهد شد که تقریباً معادل ۲۶ هکتار است برای تعیین موقعیت یک قطعه شماره آنرا با شماره سطح شهر مربوط ذکر می‌کنند مثلاً میگویند قطعه (۱۶) از سطح شهر

شهر: T5S, R3W برای برداشت یا پیاده کردن قطعه بطوریکه بعداً شرح داده خواهد شد باید از قطعات مجاور نصف‌النهار شرقی شروع نمود و یک پیمایش چهارضلعی تقریباً قائم الزاویه با طول اضلاع برابر یک مایل انجام داد و خطای بست پیمایشهای یک ردیف را هم در آخرین قطعه ردیف که غیر منظم و بشکل ذوزنقه است جبران نمود. و بعلاوه رئوس پیمایشهای مربوط به هر قطعه را در روی زمین علامت گذاری میکنند که همواره برای تعیین و تشخیص قطعات یک سطح شهر بکار خواهند رفت.

۵- تقسیم‌بندی قطعات به اجزاء قطعه - برای اسکان تعیین و تشخیص زمینهای کوچکتر از یک قطعه (۶۴۰) ایگر اجزاء قطعه که ربع قطعه و سپس ربع ربع یا یک‌شانزدهم قطعه است در نظر میگیرند (Quarters) مساحت یک ربع قطعه (۱۶۰) ایگر یا تقریباً ۶۰ هکتار و مساحت ربع ربع قطعه (۴۰) ایگر یا تقریباً ۱۶ هکتار است بعلاوه دو ربع ربع قطعه مجاور را هم یک نیم ربعی مینامند که مساحت آن (۸۰) ایگر خواهد بود. ترتیب نام گذاری اجزاء قطعه هم اینطور است که موقعیت شمالی جنوبی و شرقی غربی هر ربع قطعه را نسبت به دو محور که از مرکز آن میگذرد تعیین میکنند.



شکل ۶

مثلاً مطابق شکل ۶ میگویند ربع قطعه شمال شرقی ($NE \frac{1}{4}$) و یا ربع جنوب شرقی از ربع قطعه شمال غربی ($SE \frac{1}{4} NW \frac{1}{4}$) و یا نیم ربعی غربی از ربع جنوب شرقی ($W \frac{1}{2} SE \frac{1}{4}$) - طرز برداشت و پیاده کردن اجزاء قطعات هم مانند خود قطعات بوسیله پیمایش قائم الزاویه یا بکمک خطوطی که نقاط وسط اضلاع مقابل را بهم وصل میکنند صورت میگیرد بعلاوه در موقع برداشت قطعات و اجزاء قطعات بطوریکه روی شکل نموده شده حدود رودخانه یا دریاچه و یا سایر عوارض مهم طبیعی را در روی استداد اضلاع مشخص مینمایند.

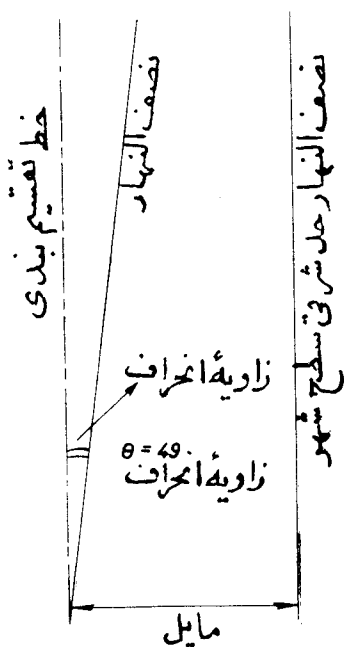
۶- مقیاس نقشه‌های سطح شهر و قطعات - هر سطح شهر دارای یک برگ نقشه جداگانه است که مقیاس آن یک فوت برای شش مایل یا دو اینچ برای هر مایل می‌باشد بعبارت دیگر یک سطح شهر کامل در روی نقشه با اندازه یک فوت مربع نشان داده می‌شود (هر فوت تقریباً ۳ سانتیمتر است) قطعات هم که هر کدام یک مایل مربع هستند بشکل یک ۲×۲ اینچ یا تقریباً ۵×۵ سانتیمتر مشخص می‌گردند. بدیهی است چون یک مایل برابر ۵۲۸۰ فوت است بنابراین مقیاس نقشه‌ها مساوی :

$\frac{۱}{۳۱۶۸۰} = \frac{۱}{۵۲۸۰ \times ۶}$ خواهد شد و چون این مقیاس نسبتاً کوچک است لذا برای ترسیم نقشه قطعات و اجزاء قطعات مقیاس بزرگتری که میزان آن یک اینچ برای ۱/۸ (یک هشتم) مایل است و برابر :

$\frac{۱}{۸۰۰۰} = \frac{۱}{۵۲۸۰ \times ۱۲}$ میشود بکار می‌برند و با این مقیاس میتوان کوچکترین اجزاء قطعه را که معادل (۴) ایکر است با کلیه جزئیات لازم در روی نقشه مشخص نمود.

در بایگانی ثبت اراضی در وزارت کشور ایالات متحده آمریکا تعداد ۱۳۵۸۰۰ برگ نقشه سطح شهر که جمعاً معادل ۴۸۹۶۰۰ مایل مربع یا تقریباً برابر ۱۲۷۵۴۴۰۰ کیلومتر مربع میشود با کلیه دفاتر و مدارک مربوط موجود است که در دسترس مراجعه کنندگان میباشد.

۷- طرز تعیین و پیاده کردن اضلاع سطح شهرها و قطعات - بطوریکه گفته شد اضلاع شرقی و غربی



شکل ۷

سطح شهرها منطبق با امتداد نصف النهار محل و اضلاع شمالی و جنوبی در امتداد عمود بان و یا امتداد مدار میباشد و در مورد قطعات هم چون دو حد شرقی و غربی آن موازی نصف النهار حد شرقی سطح شهر مربوط میباشد لذا برای تعیین آن کافی است که باز امتداد نصف النهار هر محل را در نظر گرفت و با توجه به تقارب نصف النهارها آن امتداد را با اندازه زاویه تقارب سمت چپ یا غرب منحرف نمود و بطوریکه قبلاً شرح داده شد زاویه تقارب دو نصف النهار $\theta = ۵۲۱۳۰ \cdot \text{tg} \varphi$ است و بنابراین زاویه انحراف برای اولین خط تقسیم بندی قطعات بفاصله یک مایل در غرب حد شرقی

سطح شهر مربوط برای $\varphi = ۴۳^{\circ}۲۰'$ برابر :

$$\theta'' = ۵۲۱۳۰ \cdot ۱۰ \text{tg} ۴۳^{\circ}۲۰' = ۴۹''$$

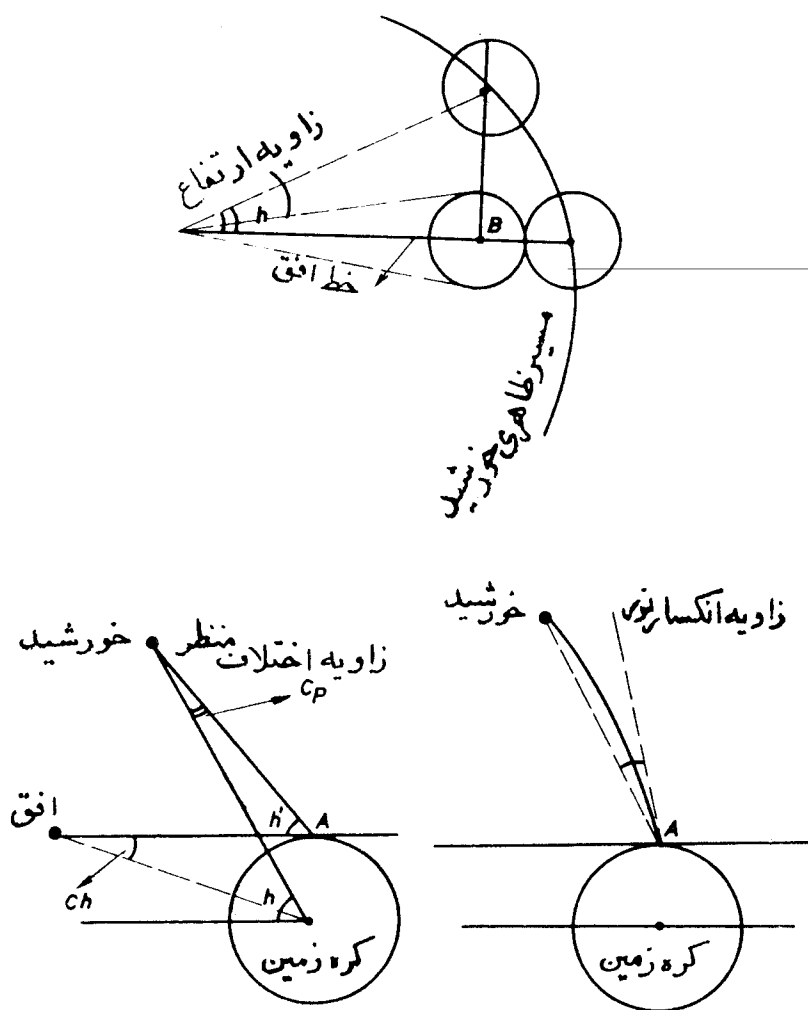
خواهد شد.

برای دومین خط تقسیم بندی قطعات زاویه انحراف دو برابر این مقدار یعنی $۱'۳۸''$ و برای سومین خط سه برابر یعنی $۲'۲۷''$ و به همین ترتیب الی پنجمین خط خواهد بود. و بطوریکه سیمینم تعیین حد و شرقی

و غربی سطح شهرها و قطعات تماماً مستلزم تعیین امتداد نصف النهار محل میباشد که بعداً بمیزان انحراف لازم بسمت غرب منحرف گردند.

برای تعیین امتداد نصف النهار بدو طریق عمل میکنند: طریقه نشانه روی به خورشید و طریقه نشانه روی به ستاره قطبی (Polaris).

الف - طریقه نشانه روی به خورشید و محاسبه Azimut یا سمت یک امتداد - بدوآ باید یاد آور شد که برای اندازه گیری زاویه بین مرکز خورشید و یک امتداد مشخص چون نشانه روی به مرکز خورشید ممکن نیست لذا به کناره های راست یا چپ یا بالا یا پائین آن نشانه روی میکنند و با اضافه یا کسر کردن زاویه نیم قطر خورشید اندازه گیری مربوط را اصلاح میکنند.



شکل ۸

این اصلاح در مورد زوایای سمت بوسیله فرمول $C_a = \frac{\alpha}{\cosh}$ صورت میگیرد که در آن α زاویه

نیم قطر خورشید است و مقدار آن برای روزهای مختلف سال از $15'46''$ الی $16'18''$ تغییر میکند و برای

محاسبات تقریبی میتوان سیزان متوسط ۱۶ دقیقه را در نظر گرفت و (h) هم زاویه ارتفاع خورشید در بالای افق است که در ساعات مختلف روز تغییر میکند مثلاً برای $h = 60^\circ$ مقدار اصلاح نیم قطر برابر :

$$C_a = \frac{16}{\left(\frac{1}{2}\right)} = 32'$$

خواهد بود دو اصلاح دیگر که تابع ارتفاع یا (Altitude است یکی اصلاح اختلاف منظر یا (Parallax) و دیگری اصلاح انکسار نور یا (Refraction) است که اولی اضافی و دومی نقصانی است اصلاح اختلاف منظر بوسیله فرمول :

$$C_p = C_h \times \cos h'$$

صورت میگیرد که در آن C_h زاویه اختلاف منظر در وضعی است که خورشید در افق میباشد و مقدار آن برابر:

$$C_h = \frac{\text{شعاع زمین}}{\text{فاصله زمین تا خورشید}} = \frac{6370 \text{ کیلومتر}}{149600000} = \frac{1 \text{ رادیان}}{22600} \approx 9''$$

است و بنابراین اصلاح اختلاف منظر همواره از ۹'' کمتر خواهد بود. (h' هم زاویه ارتفاع میباشد) راجع به اصلاح انکسار نور هم که مقدار آن تابع ارتفاع خورشید و حرارت و رطوبت و فشار هوا است و آنرا به C_r مینامند میتوان از جدول مربوطه که ضمیمه (Ephemeris) یا جداول نجومی میباشد بدست آورد مقدار این اصلاح در مورد زوایای کوچک ارتفاع (نزدیک بافق) بسیار زیاد و ممکن است ۳۴' هم برسد ولی برای زوایای ارتفاع بزرگتر از ۵۰° مقدار آن از یک دقیقه هم کمتر است بعلاوه جدول مربوطه مقدار هر دو اصلاح اختلاف منظر و انکسار نور را بدست میدهد.

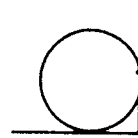
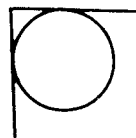
طریقه محاسبه زاویه سمت یا Azimut - برای این منظور امتداد یا نشانه معینی را در نظر میگیرند و در دو وضع دایره براست و با چپ با تئودولیت متناوباً به امتداد سزبور و به دو گوشه خورشید بطوری که تارهای رتیکول بوضع دوشکل زیر باشند نشانه روی میکنند. زمان دقیق نشانه روی به خورشید و همچنین زوایای مربوط به لمب افقی و لمب قائم را یادداشت مینمایند. فرض کنیم که این زوایا به قرار زیر باشند.



شکل ۱۰

$$331^\circ 37' 50''$$

$$102^\circ 05' 30''$$



شکل ۹

۱- زاویه افقی دید گوشه راست خورشید با دایره براست

۲- زاویه افقی دید گوشه چپ خورشید با دایره چپ

$$۳۴^{\circ}۰۴۶'$$

۳- زاویه قائم دید خورشید با دایره برآست

$$۳۴^{\circ}۰۵۰'$$

۴- زاویه قائم دید خورشید با دایره به چپ

$$۸^h۴۲^m۴۸^s$$

۵- ساعت دید خورشید با دایره برآست

$$۸^h۷^m۲۳^s$$

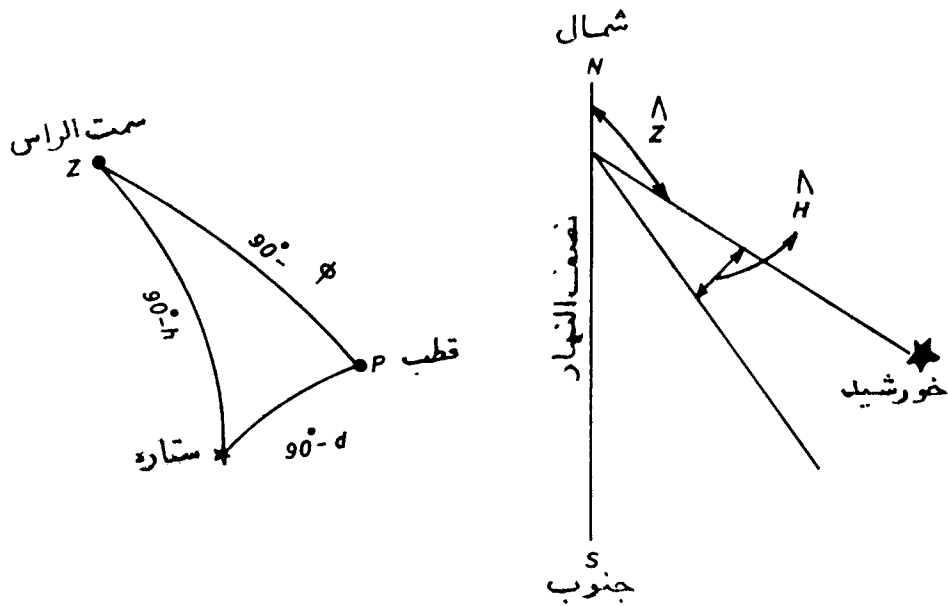
۶- ساعت دید خورشید با دایره به چپ

بعلاوه فرض میکنیم که تاریخ اندازه گیری ۱۵ سپتامبر ۱۹۵۱ است.

برای محاسبه زاویه سمت Z از فرمول (مثلث موقعیت نجومی ZPS) (سمت الرأس- قطب- ستاره)

$$\cos Z = \frac{\sin \delta}{\cos h \cos \varphi} - \operatorname{tgh} \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

استفاده میشود که در آن δ زاویه میل نجومی یا Declination خورشید در ساعت متوسط دو نشانه روی است و (h) زاویه ارتفاع متوسط خورشید پس از اصلاح اختلاف منظر وانکسار نور و (φ) زاویه عرض جغرافیائی یا Latitude محل اندازه گیری است.



شکل ۱۲

شکل ۱۱

مطابق فرض مسئله ساعت متوسط دو نشانه روی:

$$\frac{۸^h۴۲^m۴۸^s + ۸^h۷^m۲۳^s}{۲} = ۸^h۴۵^m۰^s$$

است و مقدار h نیز از روی اندازه گیری های فوق بترتیب زیر حساب میشود:

$$\frac{۳۴^{\circ}۰۴۶' + ۳۴^{\circ}۰۵۰'}{۲} = ۳۴^{\circ}۰۵۰'۳۰''$$

وچنانچه اصلاح پارالاکس وانکسار نور با توجه بحرارت و فشار جو برابر $۱'۱۲''$ - فرض شود مقدار h پس از

خواهد شد.

$$۳۴^{\circ}۴۹'۱۸''$$

اصلاح برابر:

مقدار زاویه میل نجومی δ از جداول نجومی Ephemeris استخراج می‌گردد باین ترتیب که ساعت متوسط اندازه گیری‌ها یعنی $8^h 45^m 0^s$ ساعت مبدأ گرینویچ Greenwich تبدیل می‌گردد و بمیزان اختلاف معادله وقت Equation of time که همواره کمتر از ۱۷ دقیقه است اصلاح می‌گردد.

حال فرض می‌کنیم که پس از تبدیل و اصلاح ساعت $14^h 53^m 38^s$ بدست آید طبق جدول نجومی مربوط میل نجومی خورشید در ساعت (صفر) روز ۱۵ سپتامبر ۱۹۵۱ $30^{\circ} 25' 03''$ شمالی می‌باشد و تغییرات آن بمیزان $8''$ در ساعت و نقصانی است که برای ۱۴ ساعت و ۴۰ دقیقه و ۳۸ ثانیه برابر $14' 10''$ خواهد شد و بنابراین میل نجومی خورشید در ساعت $14^h 53^m 38''$ روز ۱۵ سپتامبر ۱۹۵۱ برابر:

$$\delta = 30^{\circ} 11' 43'' +$$

خواهد شد. حال اگر زاویه عرض جغرافیائی φ یا Latitude محل را هم $44^{\circ} 07'$ فرض کنیم نتیجه محاسبات بقرار زیر خواهد بود.

$$\frac{\sin(30^{\circ} 11' 43'')}{\cos(34^{\circ} 04' 18'')} \cdot \cos(44^{\circ} 07') = 0.09566$$

$$tg(34^{\circ} 04' 18'') tg(44^{\circ} 07') = 0.69035$$

و بنابراین:

$$\cos Z = 0.09566 - 0.69035 = -0.59469$$

و از آنجا $Z = 126^{\circ} 29'$ خواهد شد.

از طرف دیگر فرض کنیم اختلاف زاویه افقی بین امتداد مفروض و متوسط دوشانه روی بخورشید که در روی شکل H نامیده 28° باشد بالنتیجه زاویه سمت امتداد مفروض با جهت شمالی نصف النهار برابر

$$126^{\circ} 29' + 28^{\circ} = 154^{\circ} 29' 00''$$

خواهد شد و بوسیله این زاویه میتوان امتداد نصف النهار محل را تعیین نمود.

ب- طریق نشانه روی ستاره قطبی - ستاره قطبی یا Polaris آخرین ستاره صورت فلکی دب اصغر (Constellation, Ursa minor) یکی از ثوابت معروف است و پیدا کردن محل آن در آسمان نیز بسیار سهل می‌باشد چون از طرفی ستاره سزبور در امتداد ضلع $\alpha\beta$ صورت فلکی دب اکبر است (Ursa major) و از طرف دیگر در روی امتداد $\delta\epsilon$ ستاره‌های صورت فلکی دب اکبر و Cassiopeia قرار گرفته و بعلاوه نسبت به موقعیت دقیق قطب عالم ستاره قطبی و صورت فلکی Cassiopeia در یک طرف قطب قرار دارند بطوریکه در وضع قائم خط $\delta\epsilon$ ستاره قطبی در حوض یا اوج (Culminations) و در وضع افقی خط سزبور ستاره قطبی در بزرگترین گریز خواهد بود (Elongation).

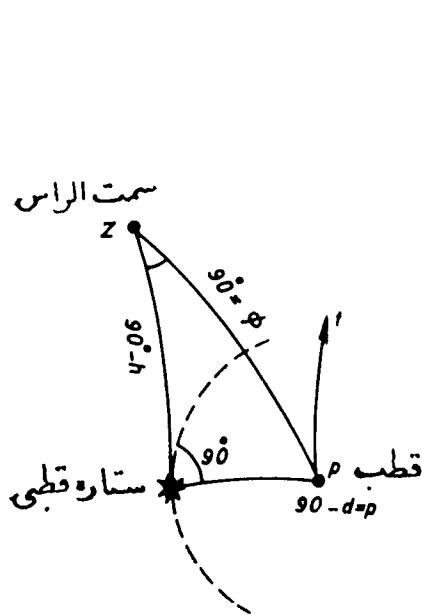
یکی دیگر از خصایص ستاره قطبی نزدیکی آن به قطب عالم است که بقاصله تقریباً یک درجه می‌باشد

بعلاوه تغییرات میل نجومی آن (Declination) نیز بسیار کوچک است این تغییرات در مدت سال از یک دقیقه (۱') تجاوز نمیکنند و تغییرات روزانه آن نیز کمتر از نیم ثانیه ($\frac{1}{2}$ ") میباشد.

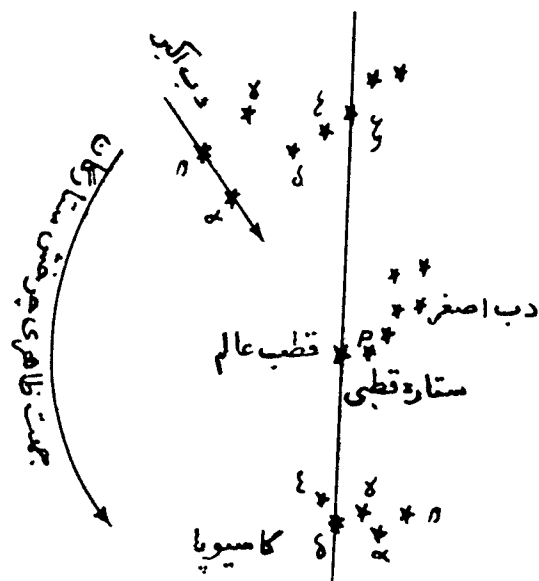
طریقه تعیین زاویه سمت Azimut بوسیله نشان روی به ستاره قطبی در بزرگترین گریز (Elongation) - این نشان روی ممکن است در بزرگترین گریز شرقی یا غربی صورت گیرد و در این حالت محاسبه زاویه سمت Z بوسیله فرمول مثلث قائم الزاویه موقعیت نجومی:

$$\sin Z = \frac{\sin p}{\cos \varphi}$$

صورت میگیرد که در آن p متمم زاویه میل نجومی است که آنرا فاصله قطبی مینامند.



شکل ۱۴



شکل ۱۳

$p = 90^\circ - \delta$ (Polar Distance) و φ زاویه عرض جغرافیائی محل نشان روی میباشد (Latitude) مقدار p یا δ مربوط به ستاره قطبی را که دارای تغییرات بسیار کوچکی میباشد میتوان از جداول نجومی (Ephemeris) استخراج نمود و بعلاوه میتوان وقت صحیح بزرگترین گریز ستاره قطبی را نیز از جداول مزبور بدست آورد و بعلاوه در فاصله ϵ دقیقه قبل و بعد از وقت بزرگترین گریز تغییرات زاویه سمت ستاره قطبی از یک ثانیه هم کمتر است و بنا بر این نشان رویها ممکن است بدون خطای محسوسی در ظرف ۸ دقیقه انجام گردد. در صورتیکه در مورد خورشید نشان رویها باید آنی باشد و بهمین دلیل طریقه تعیین زاویه سمت یا نصف النهار محل بوسیله ستاره قطبی دقیق تر از طریقه نشان روی به خورشید است.

بدیهی است در مورد نشان روی به ستاره قطبی نیز مانند نشان روی به خورشید باید امتداد نشان روی را با امتداد معینی در روی زمین سنجید و یا همان امتداد نشان روی را بروی زمین انتقال داد.

من باب مثال فرض کنیم که منظور تعیین زاویه سمت ستاره قطبی در بزرگترین گریز غربی آن و در محلی است که عرض جغرافیائی آن (Latitude) $۰۰^{\circ}۰۰'۰۰''$ و طول جغرافیائی آن (Longitude) $۰۸۹^{\circ}۰۲'۴۰''$ و تاریخ و زمانه روی هم ۱۰ دسامبر ۱۹۵۱ باشد.

طبق جدول نجومی مربوط در روز (فوق الذکر) δ یا میل نجومی ستاره قطبی برابر $۸۹^{\circ}۰۲'۴۰''$

است و بنابراین :

$$p = 90 - \delta = 07'20''$$

خواهد شد و از آنجا :

$$\sin Z = \frac{\sin 07'20''}{\cos 00^{\circ}00'00''} = \frac{0.12668}{0.764279} = 0.1657$$

و بنابراین $Z = -1^{\circ}29'12''$ خواهد شد.

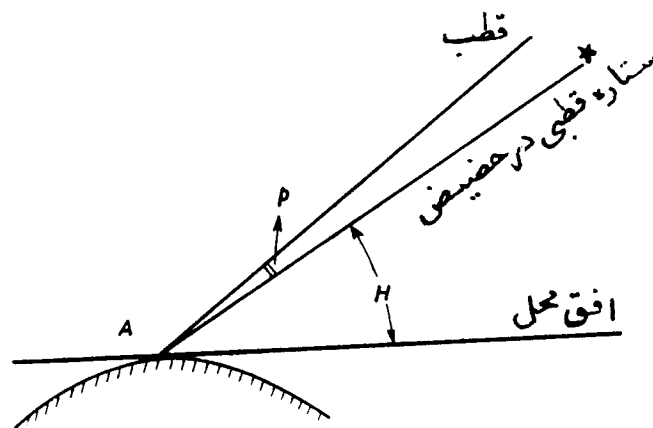
راجع به وقت صحیح نشانه روی هم میتوان آنرا بوسیله فرمول زاویه ساعتی یا Hour angle

$$\cos t = \cos \varphi \cdot \cos p$$

حساب نمود.

طریقه تعیین زاویه عرض جغرافیائی φ - بطوریکه دیده شد در تمام محاسبات مربوط به زاویه سمت

و زاویه ساعتی احتیاج به مقدار زاویه عرض جغرافیائی محل φ (Latitude) میباشد، و این زاویه را میتوان بسهولة با نشانه روی به ستاره قطبی در حقیض یا اوج آن (Culmination) بدست آورد و برای این محاسبه از فرمول نجومی نصف النهاری $\varphi = h \pm p$ استفاده میشود، که در آن h زاویه ارتفاع ستاره قطبی و p فاصله قطبی آن است مقدار h بوسیله نشانه روی به ستاره و قرائت لمب قائم ثمودولیت پس از اصلاح انکسار نور بدست میآید. مقدار p هم بطوریکه شرح داده شد از جدول نجومی (Ephemeride) استخراج میشود بعلاوه زاویه

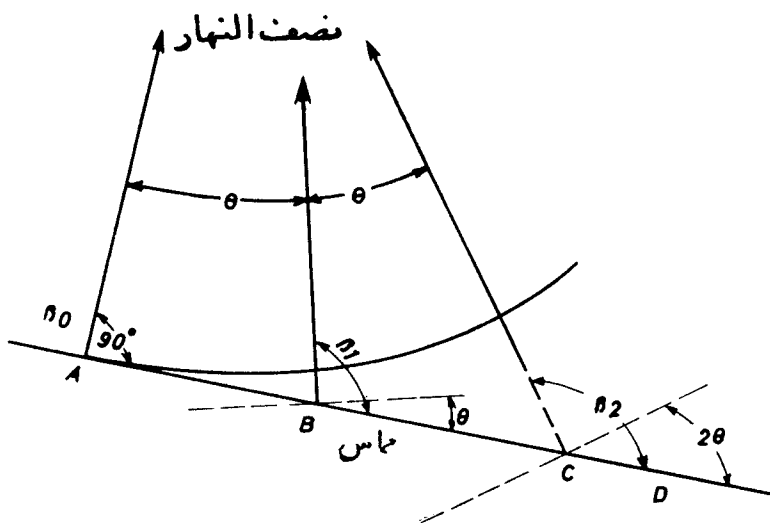


شکل ۱۵

قطبی هم در وضعیت حقیض ستاره قطبی مثبت و در وضعیت اوج آن منفی خواهد بود مقدار اصلاح انکسار نور بطوری که قبلاً گفته شد و با در نظر گرفتن ارتفاع ستاره و حرارت و فشار جو از جدول نجومی استخراج خواهد شد.

۸- **طریقه تعیین و پیاده کردن مدارها (Parallels)** - بطوریکه ذکر شد اضلاع شمالی و جنوبی سطح شهرها و قطعات در امتداد مدار مربوطه میباشد زیرا در تمام نقاط به امتداد نصف النهارهای مختلف عمود هستند و چون نصف النهارها ستقارب هستند لذا این مدارها بشکل دایره خواهند بود که سطح آن به امتداد قطبین زمین عمود است و شعاع آن نیز برابر $(R \cos \varphi)$ میباشد که R شعاع متوسط زمین و φ زاویه عرض جغرافیائی مدار میباشد.

بدیهی است اگر امتداد مستقیم ضلع شمالی یا جنوبی یک قطعه را که همان امتداد مماس بدایره مدار است در نظر بگیریم.



شکل ۱۶

بطوریکه روی شکل ۱۶ دیده میشود زاویه این مماس (AD) با نصف النهارهای مختلف که در حقیقت زاویه سمت خط AD است در نقاط مختلف تغییر خواهد نمود و این تغییر برابر اختلاف زوایای تقارب میباشد مثلاً زاویه سمت در نقطه B ، $(\beta_1 = 90 + \theta)$ و در نقطه C ، $(\beta_2 = 90 + 2\theta)$ است بعبارت دیگر زاویه سمت یک مماس مستدرجاً با اندازه زاویه تقارب نصف النهارها انحراف حاصل مینماید و بتدریج زیاد میشود.

از طرف دیگر در مورد یک سطح شهری بینیم که فاصله نقطه B از مماس نقطه A که آنرا $Q = BB'$ یا خیز مینامند. برابر نصف تقارب خطی دو نصف النهار است: شکل ۱۷

$$Q = \frac{C}{2}$$

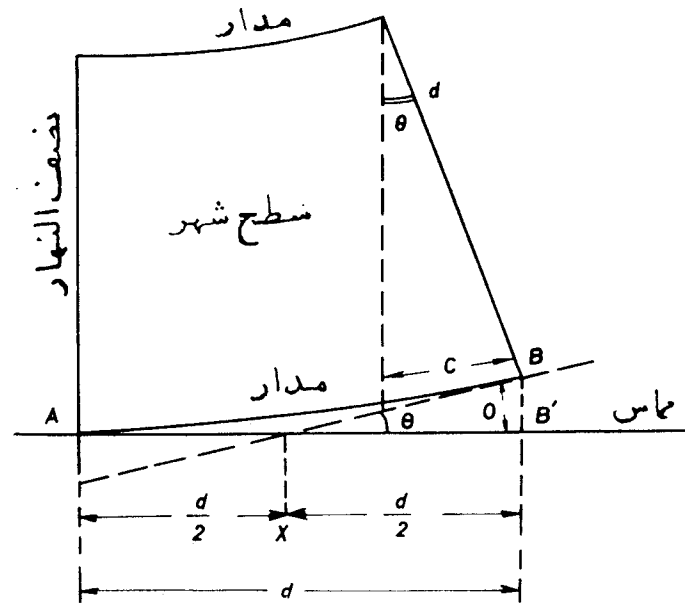
$$Q = \theta \times \frac{d}{2} \quad \text{و} \quad C = \theta \times d \quad \text{زیرا}$$

$$Q = \frac{C}{2} \quad \text{لذا}$$

من باب مثال در مورد سطح شهر با اضلاع شش مایل برای مدار متوسط $20^\circ 30'$ چون مقدار C برابر تقریباً

ع فوت بود. بنابراین مقدار Q یا خیز برابر تقریباً ۲۳۰ فوت خواهد شد که معادل تقریباً y متر میشود بنابراین خط پایه سطح شهرها در حقیقت یک خط منکسر خواهد بود که میتوان مقدار خیز رؤس آنرا نسبت به سماس مبداء حساب نمود.

برای محاسبه خیز نقاط دیگر منحنی با خط منکسر مدار AB که در حقیقت طول قطعات و ربع قطعات را تعیین نمایند.



شکل ۱۷

فرض میکنیم که در طول AB برابر شش مایل قوس مدار منطبق با یک سهمی درجه دوم است (Parabole) (که با توجه بدقت اختلاف آن قابل اغماض میباشد). بنابراین خواهیم داشت:

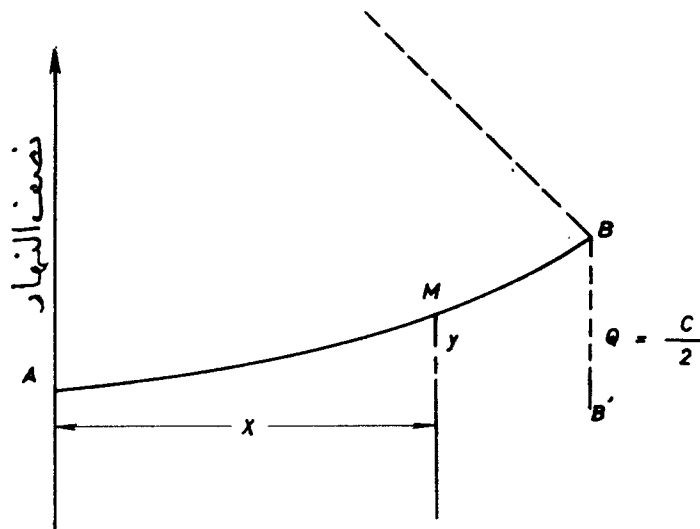
$$\frac{Q}{AB'^2} = \frac{Y}{X^2}$$

$$AB' \neq AB = ۶ \text{ مایل}$$

$$y = Q \cdot \frac{X^2}{۳۶} \quad \text{لذا}$$

وباین ترتیب می‌بینیم که خیز یا y در قطعات شش گانه یک سطح شهر به ترتیب از A به B و با توجه بمقدار X برابر $\frac{Q}{۳۶}$ و $\frac{۴Q}{۳۶}$ و $\frac{۹Q}{۳۶}$ و $\frac{۱۶Q}{۳۶}$ و $\frac{۲۵Q}{۳۶}$ خواهد شد و بعلاوه خیز ربع قطعات هم که در نصف فاصله قطعات میباشد به ترتیب از A به B برابر $\frac{۰.۲۵Q}{۳۶}$ و $\frac{۲.۲۵Q}{۳۶}$ و $\frac{۶.۲۵Q}{۳۶}$ و $\frac{۱۲.۲۵Q}{۳۶}$ و $\frac{۲۰.۲۵Q}{۳۶}$ خواهد شد. با توجه به مراتب بالا میتوان یکی از سه طریق زیر استداد مدارها را تعیین و پیاده نمود.

الف- **طریقه نصف النهاری (Solarmethod)** - در این طریقه ابتدا امتداد نصف النهار هر قطعه که طرز تعیین آن قبلاً شرح داده شد بوسیله تئودولیت مشخص میگردد، و چون امتداد مدار عمود بآن است لذا با چرخاندن تئودولیت باندازه زاویه 90° امتداد مدار بدست میآید بدیهی است امتداد اضلاع شرقی و غربی هر قطعه هم بطوری که در فصل قبل شرح داده شد با چرخاندن تئودولیت باندازه زاویه تقارب نسبت به نصف النهار مربوطه مشخص میشود.



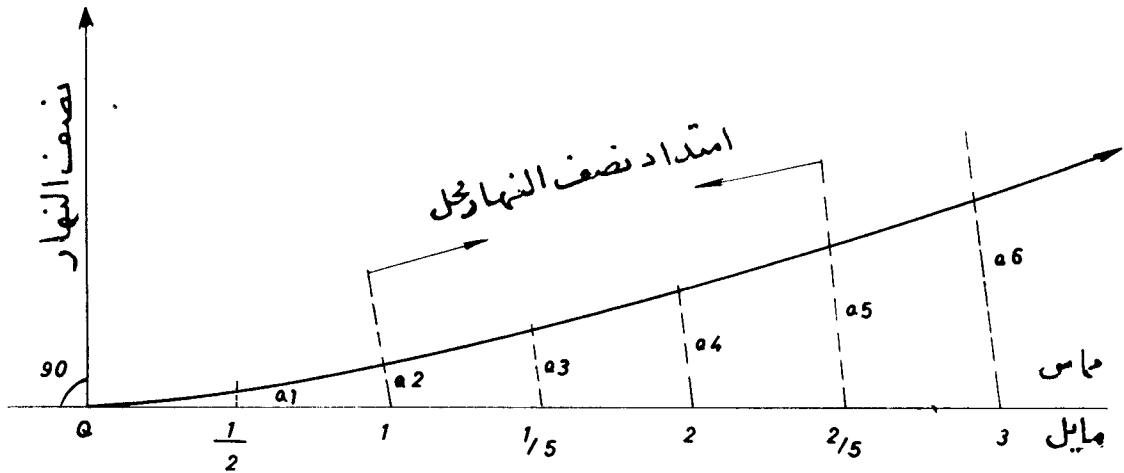
شکل ۱۸

پس از تعیین جهت مدار بطریقه فوق طول ضلع ربع قطعه را که نیم سایل است بخط مستقیم و بطور افقی در امتداد آن پیاده میکنند و این قطعه خط مستقیم عملاً با مدار مربوط اختلافی نخواهد داشت و چون زاویه تقارب بین دو نصف النهار مجاور یک قطعه بفاصله یک سایل نیز برابر $13.28 \text{ } \varphi = 0.21 \text{ } \varphi$ است که برای $\varphi = 40^\circ$ در حدود 0.05 ثانیه خواهد شد لذا قطعات تقریباً مربع هستند و پیاده کردن آن عملاً با یک پیمایش چهارضلعی قائم الزاویه صورت میگیرد.

بصره - برای تعیین و پیاده کردن امتداد تقریبی نصف النهار محل میتوان از دستگاه (Solar Attachment) استفاده نمود این دستگاه عملاً وضع مثلث موقعیت نجومی را در محل بوسیله محورهای مختلف تشکیل میدهد و با نشانه روی به خورشید با زاویه میل نجومی مربوط بدون احتیاج به محاسبه امتداد نصف النهار محل تعیین و مشخص میگردد.

ب - **طریقه مماس^۱ (Tangent Method)** - در این طریقه که اصول آن قبلاً شرح داده شد پس از تعیین امتداد نصف النهار خط مماس به دایره مدار را که با نصف النهار مذکور زاویه 90° درجه تشکیل میدهد پیاده میکنند و طول شش مایل یک سطح شهر را بفاصله های نیم مایل که حدود ربع قطعه ها را تعیین میکند در روی امتداد مماس مزبور میچینند سپس از نقاطی که بدین ترتیب بفاصله نیم مایل تعیین شده است مقدار

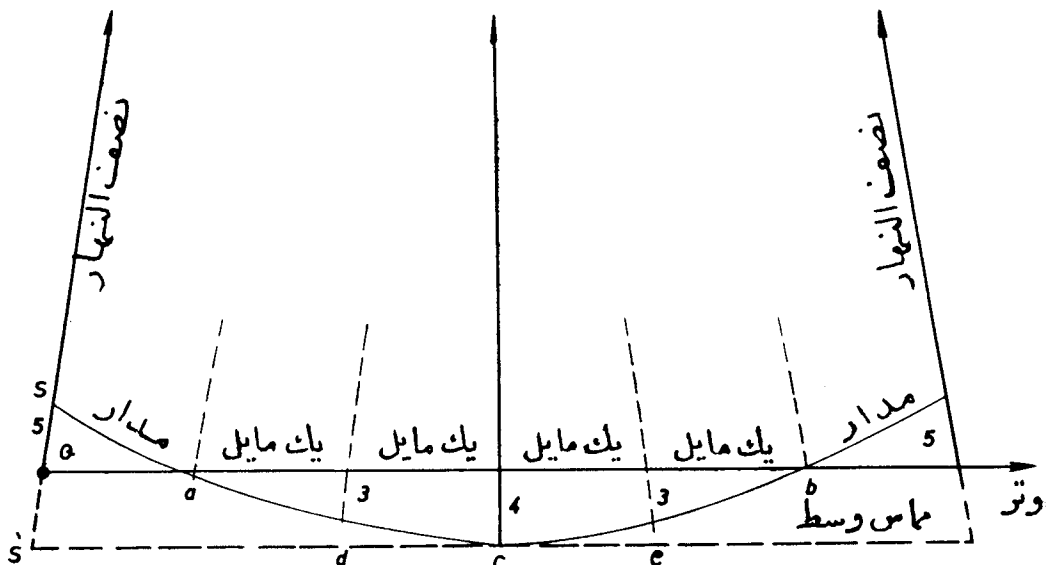
خیز یا (Offset) مربوط به هر نقطه را که قبلاً محاسبه شد در استداد نصف النهار مربوط بان نقطه جدا مینمایند و باین ترتیب خط منکسری که جانشین مدار مربوط میباشد در محل مشخص خواهد شد. بدیهی است در انتهای شش مایل مماس جدیدی عمود به نصف النهار مربوط به سطح شهر مجاور پیاده میکنند و بقیه عملیات سطح شهر جدید مانند سطح شهر قبلی انجام خواهد شد.



شکل ۱۹

ج- **طریقه وتر (Secant Method)** - در این طریقه بجای مماس خط وتر را که سوازی خط مماس به وسط مدار است و از نقاط مربوط به قطعه اول و قطعه پنجم (a و b) میگذرد در نظر میگیرند و بطوریکه از محاسبه بدست سی آید مقدار خیز (Offset) در نقطه $Sa = \left(\frac{9Q}{r_1}\right)$ و خیز نقطه a $\left(\frac{4Q}{r_1}\right)$ بوده بنابراین خواهیم داشت:

$$SO = \frac{9Q}{r_1} - \frac{4Q}{r_1} = \frac{5Q}{r_1}$$



شکل ۲۰

بنابراین اگر بجای مماس وتر ab را محور مقایسه قرار دهیم خیز نقطه مبدأ S برابر $\left(\frac{Q}{36}\right)$ و همچنین خیز نقطه d برابر $\frac{Q}{36} - \frac{Q}{36} = \frac{2Q}{36}$ و خیز نقطه C هم برابر $\frac{4Q}{36}$ خواهد شد.

بعبارت دیگر نسبت به محور مقایسه جدید خیزها به ترتیب (۵) برابر (۳) برابر و (۴) برابر $\left(\frac{Q}{36}\right)$ است و بعلاوه در طرف راست نصف النهار نقطه C خیزها قرینه طرف چپ خواهد بود. وسیعاً می بینیم که این طریقه از لحاظ سادگی و تقارن بهتر از طریقه مماس است. بعلاوه بطوری که از محاسبه بدست آمد برای $\varphi = 30^{\circ} 20'$ مقدار Q برابر ۲۲۰ فوت بوده و لذا $\frac{Q}{36} = \frac{220}{36} = \frac{61}{100}$ میشود و چون $\frac{66}{100}$ فوت یک (Link) ناسیده میشود لذا خیزها تقریباً و بطور ساده (۵) Link (۳) و (۴) Link خواهند شد. (حساب بالا تقریبی و برای مدار $30^{\circ} 20'$ ولینک تقریباً ۲ سانتیمتر میباشد).

از طرف دیگر با توجه باینکه زاویه سمت وتر oab متمم زاویه تقارب مربوط به ۳ مایل است پیاده کردن مدار به ترتیب زیر صورت خواهد گرفت ابتدا از نقطه مبدأ S در امتداد نصف النهار (۵ لینک) Link یا بحساب صحیح $\left(5 \times \frac{Q}{36}\right)$ بطرف جنوب جدا میکنیم تا نقطه O مبدأ وتر مقایسه بدست آید که در حقیقت همان خط پایه خواهد بود سپس نمود ولایت را روی نقطه O مذکور مستقر میکنیم و امتداد وتر را بطوری که با امتداد نصف النهار مذکور در فوق زاویه سمت $[\varphi + 270 - 90 - 213] = 90$ را تشکیل دهد تعیین میکنیم و روی وتر مذکور فواصل نیم مایل و بعد خیزهای مربوطه را طبق حساب قبلی و با توجه به جهت آن از نقاط مذکور و در امتداد نصف النهار مربوط جدا میکنیم و بالنتیجه مدار مورد نظر واضلاع قطعات مدار مورد نظر واضلاع قطعات در روی زمین بدست خواهد آمد بدیهی است در انتهای شش مایل و ترجید دیگری به ترتیب مذکور در فوق پیاده کرده و عمل را ادامه خواهیم داد.

۹- طریقه پیاده کردن قطعات و خطای

بست قابل قبول Allowable Limit of Error of closure

تقسیم بندی و پیاده کردن قطعات از مدار جنوبی سطح شهرها و اضلاع بین قطعات (۳۵ و ۳۶) شروع میشود و باین ترتیب که ضلع مزبور که در روی شکل ۲۱ آن را (۱) نامیده ایم در نقطه a بفاصله یک مایل از حد شرقی سطح شهر و بموازات این حد پیاده خواهد شد و بطوریکه قبلاً شرح داده شد برای این منظور کافی است که ابتدا نصف النهار این

		مدار شمالی				h	
	6	5	4	3	22	2	11
					21		10
نصف النهار غربی	7	8	9	10	20	11	9
					19		8
	18	17	16	15	18	14	7
					17		6
	19	20	21	22	16	23	5
					15		4
	30	29	28	27	14	26	3
					13		2
	31	32	33	34	12	35	1
							36
		مدار جنوبی				h	

شکل ۲۱

محله را با اندازه زاویه تقارب در فاصله یک مایل یعنی $(\varphi = 21302 \text{ } \theta)''$ بطرف غرب منحرف سازیم و روی این امتداد دو نقطه یکی بفاصله نیم مایل و دیگری بفاصله یک مایل تعیین میکنیم که اولی گوشه ربع قطعه ودومی گوشه قطعه ایست که بین چهار قطعه (۳۶ و ۳۵ و ۳۴ و ۳۳) مشترک میباشد سپس از گوشه مشترک مزبور خطی بموازات مدار جنوبی سطح شهر که با امتداد قبلی ab زاویه $(\theta = 90.0)$ را تشکیل میدهد در نظر میگیریم و روی آن فاصله نیم مایل و یک مایل را پیاده میکنیم حال چنانچه انتهای فاصله یک مایل مذکور فوق نصف النهار حد شرقی سطح شهر را در فاصله یک مایل که گوشه مشترک قطعات ۳۶ و ۳۵ است (نقطه C) قطع کند عمل برداشت و پیاده کردن قطعه صحیح تلقی میشود ولی چنانچه نصف النهار مزبور را در شمال یا جنوب نقطه C) و در فاصله کمتر از خطای قابل قبول قطع نماید مقدار این خطا اندازه گیری میشود (ΔL) و با توجه بآن زاویه سمت خط برگشت cb را حساب میکنند که با زاویه سمت خط قبلی bc با اندازه $\beta'' = \frac{\Delta L}{\text{یک مایل}}$ اختلاف دارد سپس به کمک این امتداد اصلاح شده محل گوشه ربع قطعه را که در وسط b و c است اصلاح مینمایند. حداکثر خطای ΔL که قابل قبول تلقی میشود برابر ۲۰ (Link) میباشد و بنابراین حد متوسط اصلاح زاویه سمت خط برگشت برابر $\beta'' = \frac{20}{8000 \sqrt{2}}$ یا تقریباً $(\frac{1}{450})$ خواهد شد و این خطای قابل قبول نسبتاً زیاد بدلیل آن است که امتداد نصف النهار و مدار که اساس و مبنای تقسیم بندی است با نشانه روی به خورشید انجام میشود که دقت آن در همین حدود است. ولی چون اخیراً اندازه گیری طولها بوسیله Geodimeter یا Tellurometer انجام میشود که دقت آن فوق العاده زیاده است در حدود $(\frac{1}{300000})$ لذا در صورتیکه در تعیین نصف النهارها نیز دقت کافی مبدول گردد خطای پیاده کردن قطعات بمراتب کمتر خواهد شد.

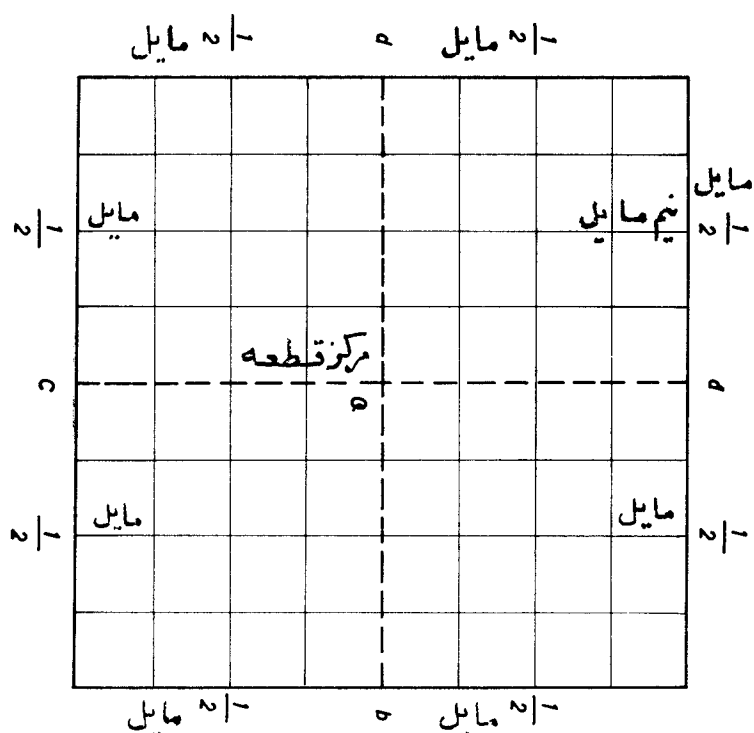
پس از آنکه قطعه ۳۶ به ترتیب فوق برداشت و پیاده شد عیناً بهمان ترتیب نسبت به قطعه ۳۵ عمل میکنند یعنی اول ضلع ۳ و سپس ضلع ۴ را پیاده میکنند و این عمل را تا قطعه یک که آخرین قطعه شمالی از رج اول است ادامه میدهند.

در این جا لازم است که امتداد ضلع غربی قطعه ۱ از نقطه d که بفاصله یک مایل از گوشه شمال شرقی سطح شهر قرار گرفته بگذرد و در صورتیکه باز خط مزبور بفاصله $\Delta L'$ قابل قبول از شرق یا غرب نقطه d بگذرد اختلاف $\Delta L'$ اندازه گیری شده و زاویه سمت خط برگشت در جهت شمال به جنوب بمیزان $\alpha'' = \frac{\Delta L'}{\text{یک مایل}}$ اصلاح خواهد شد و بهمین ترتیب گوشه ربع قطعه مربوط اصلاح میگردد.

بدیهی است پس از خاتمه رج اول رج دوم قطعات در جهت جنوب و شمال و بهمان ترتیب رج اول از حد مشترک قطعات ۳۵ و ۳۴ شروع و انجام خواهد شد.

بطوریکه دیده میشود کلیه خطاهای اندازه گیری و پیاده کردن بطریقه مذکور در فوق بتدریج در آخرین ربع قطعه های شمالی و غربی سطح شهر جمع خواهد شد و بنابراین اضلاع مداری قطعات مجاور حد غربی سطح

شهر (۶ و ۷ و ۱۸ و ۱۹ و ۳۰ و ۳۱) علاوه بر اختلاف ناشی از تقارب نصف النهار در فاصله شش مایل که قبلا محاسبه شد مقداری هم اختلاف بابت مجموع خطاهای اندازه گیری و پیاده کردن قطعات ردیف مربوطه خواهند داشت که حداکثر مقدار قابل قبول آن که خطای بست نامیده میشود نباید از پنجاه لپتک که در حدود ده متر است تجاوز نماید .



شکل ۲۲

۱۰ - طریقه پیاده کردن ربع قطعات (Quarter Section) :

بطوریکه دیدیم چه در مورد تعیین طول حدود سطح شهر و چه در مورد تقسیم بندی قطعات علاوه بر تعیین فواصل یک مایل فواصل نیم مایل را تعیین و علامت گذاری میگردند حال اگر دو امتداد cd و ab که دو گوشه نیم مایل متقابل را بهم وصل میکنند در محل تعیین کنیم محل تقاطع این دو امتداد نقطه O است که آنرا مرکز قطعه و یا نقطه مشترک چهار ربع قطعه سر به سر مینامند - پیاده کردن این نقطه بطریقه تقاطع صورت میگیرد (Intersection) باین ترتیب که یک تئودولیت در a و یکی در c مستقر میشود و تئودولیت اول به نقطه b و دومی به نقطه d نشانه روی میکنند حال اگر یک ژالون یا نشانه را طوری در محل قرار دهیم که هر دو تئودولیت آنرا به بیند محل ژالون در روی زمین نقطه O یعنی مرکز قطعه است . بدیهی است میتوان (ربع ربع) قطعات را هم بهمین طریق تعیین و پیاده نمود