

## تبدیل دیتیمهای ژئودتیکی

سه روش برای تبدیل دیتیمهای ژئودتیکی وجود دارد.

● **روش اول:** نیاز به انجام یک سری عملیات ژئودزی در منطقه‌ای خاص دارد که شامل حذف خطاهای سیستماتیک موجود در اختلاف بین مختصات نقاط مشترک و اتصالی شبکه در دیتیمهای مختلف است، که این عمل از طریق انتقال و چرخش نقطه اولیه دیتیم و کشیده شدن دیتیم در یک جهت خاص انجام می‌گیرد. به عبارتی این عمل با تغییر مختصات نقطه اولیه دیتیم (نقطه شروع شبکه ژئودزی دیتیم) و تغییر آزیموت این نقطه نسبت به نقطه‌ای مشخص و با تغییر مقیاس و نیز کشیدن اضلاع شبکه دیتیم امکان پذیر می‌شود. در اصل در محاسبه و اتصال شبکه‌های ژئودزی کشوری جهت تهیه نقشه‌های پوششی از این روش استفاده می‌کنند. این روش در عرف به تبدیل سطح مینا (تبدیل دیتیم) مشهور شده است و هنگامی می‌توان از آن استفاده کرد، که پارامترهای لازم، جهت تبدیل دو دیتیم به یکدیگر را بتوان فقط از نقاط مشترک و اتصال مختصات آنها که در هر دو شبکه وجود دارد، بدست آورد.

از نظر تئوری داشتن حداقل دو نقطه مشترک مختصات دار در هر دو دیتیم جهت انجام ترانسفور ماسیون مورد بحث کافی است. ولی در عمل به علت وجود خطاهای سیستماتیک، ترجیح داده می‌شود از مجموعه‌ای نقاط مشترک که در منطقه تحت پوشش شبکه دیتیمها وجود دارد، استفاده شود. لذا در صورت وجود چنین مجموعه‌ای از نقاط مشترک، تعداد معادلات مشاهدات افزون بر تعداد مجهولات خواهد بود. بنابراین امکان انجام سرشکنی کمترین مربعات، برای بدست آوردن بهترین جواب برای پارامترهای مجهول، شامل سه انتقال سه دوران و یک مقیاس بین دو دیتیم وجود دارد.

● **روش دوم:** برای تعریف دیتیم در مناطق بزرگ می‌توان از نقاط مشترک مختصات دار استفاده کرد البته در صورت وجود چنین نقاطی، علاوه بر این نقاط می‌توان نقاط مشترک مختصات دار دیگری که به وسیله مشاهدات ماهواره‌ای تعیین موقعیت می‌شوند را به آنها اضافه کرد. در روش ماهواره‌ای، با انجام یک سری مشاهدات ماهواره‌ای از تعدادی نقاط مشترک که در نقاط گره‌های شبکه‌های ژئودزی و در دو دیتیم قرار دارند، می‌توان پارامترهای ترانسفور ماسیون (دوران، انتقال و مقیاس) بین دو دیتیم ژئودتیک را بدست آورد. در این حالت شبکه مختصات سیستم ماهواره‌ای به عنوان یک سیستم عمل می‌کنند در گذشته از طریق مشاهده پدیده‌های آسمانی مانند کسوف و یا با بهره‌گیری از اسرار طبیعی ستارگان و عکاسی از وضعیت قرارگیری آنها در صور فلکی و یا با مشاهده وضعیت و اشکال مختلف ماه در این مورد اتصال دو دیتیم ژئودتیک به یکدیگر انجام می‌پذیرفت.

# سیستم‌های ژئودزی

(قسمت دوم)



● **سومین روش** : از اتصال و تبدیل دو سطح مبنای ژئودتیکی به یکدیگر استفاده از اندازه گیریهای ثقل در شبکه‌های ثقل سنجی مربوط به دو دیتم مورد بحث است که در مورد این روش اشاره شده است. به هر حال انتقال مختصات به صورت دوبعدی یا سه بعدی انجام می‌گیرد که انتخاب هر یک از آنها بستگی به وضعیت داده‌های مشترک قابل قبول بین آنها و نیاز ماز انجام تبدیل دیتما دارد.

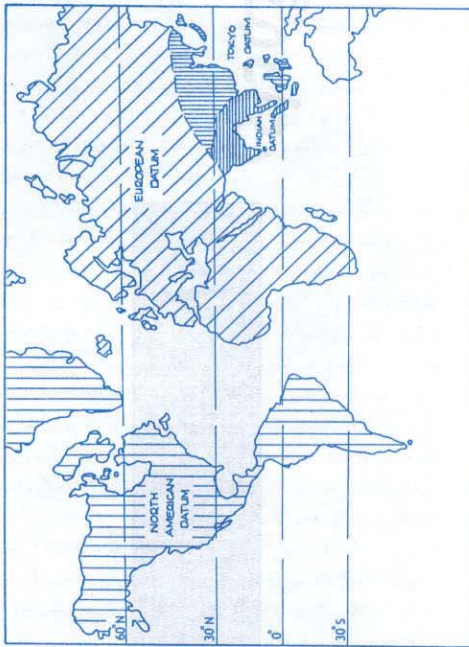
### وضعیت دیتماهای ژئودتیکی تا قبل از جنگ جهانی دوم

در سال ۱۹۴۰ میلادی اکثر کشورهای توسعه یافته براساس گسترش حوزه حاکمیت خویش و با توجه به نیازهای اقتصادی و نظامی سعی کردند که یک سیستم مختصات ژئودتیکی (دیتم) را برای کشور خویش تعریف و تعیین کنند. بنابراین تعدادی از این کشورها با اتصال شبکه‌های ژئودزی مملکتی خویش به یکدیگر، یک سیستم ژئودتیکی وسیعی را ایجاد کردند و تعداد دیگری از این کشورها به‌طور مستقل با جایگزین کردن شبکه‌های ژئودزی جدید و وسیع به جای شبکه‌های قدیمی محلی، منطقه تحت پوشش دیتم مربوط به کشور خویش را توسعه دادند. در این‌جا این دو شیوه از گسترش منطقه تحت پوشش دیتما و سیستم ژئودتیکی مربوط به آنها را توصیه نمی‌کنیم بدان جهت که کارکردن از جزء به کل باعث بزرگی و پخش خطاهای داخلی سیستم ژئودتیک دیتم در مقایسه با خطاهای مجاز در نقشه‌برداری است. بنابراین همیشه سعی می‌شود کارها از کل به جزء انجام گیرد.

به‌طور کلی تمامی کشورهای همسایه با مرز مشترک، از اطلاعات ژئودتیکی یکسان و مشترکی بهره نمی‌گیرند و بکارگیری و استفاده از دیتماهای ژئودتیکی مشترک با سیستم‌های مختصات ژئودتیکی مشترک در اینگونه کشورها بیشتر از جنبه‌های نظامی و منافع استراتژیکی قابل قیاس است.

تنها نقشه‌برداری که با ماهیت جهانی و بین‌المللی جهت اندازه‌گیری بر روی یک سطح مبنای مسطحاتی جهانی (مشترک) انجام گرفته است، اندازه‌گیری مربوط به تعدادی از فواصل بلند ژئودزی (long Arc) است که با هدف تعیین شکل و ابعاد زمین بوده است. نمونه‌ای آشکار از این نوع اندازه‌گیری جهانی، فاصله بلند کماتی بین رودخانه دانوب تا شمال اسکاتلند است. از طرفی همان‌طور که می‌دانیم در انجام نقشه‌برداری از مرزهای بین‌المللی هر کشور با کشوری دیگر نیاز به یک سری پنج‌مارک مختصات داریم باشد که مختصات آنها باید در سیستم ژئودتیک (دیتم ژئودتیک) تعیین شده باشد اما برای حل این مشکل و تفاوت بین دیتماهای ژئودتیکی کشورهای مختلف که با یکدیگر مرز مشترک زمینی دارند می‌توان مختصات پنج‌مارک‌های مرزی را در یک سیستم جهانی واحد بدست آورد که براحتی بتوان مختصات آنها را به هر سیستم دیگری که می‌خواهیم تبدیل کنیم. نتیجه این نوع شبکه‌بندی باعث شده که تعداد قابل توجهی از شبکه‌های نقشه‌برداری با اندازه‌های مختلف به وجود آیند که به‌طور محسوسی نسبت به یکدیگر دارای تفاوت‌های عمده‌ای هستند. نقشه‌های پوششی مملکتی که

براساس این‌گونه شبکه‌های نقشه‌برداری تهیه شده‌اند دارای اختلافهای بی‌شماری می‌باشند. (نگاره (۳۲) پیچیدگی و سردرگمی موجود در اطلاعات ژئودتیکی مربوط به جنوب شرقی آسیا را نشان می‌دهد) بتدریج که برد پرتابهای نظامی افزایش پیدا کرد، اطلاعات ژئودتیکی بدست آمده در مورد مختصات و موقعیت اهداف نظامی نتوانست مقاصد محلی و ملی را برآورده نماید. بنابراین با افزایش توانایی و برد سلاحهای پدافند نظامی و دفاعی، نیاز به داشتن دیتماهای ژئودتیک قاره‌ای و جهانی نیز افزایش یافت. بدین معنی که بیضوی دورانی (شکل ریاضی) با تمامی نقاط شبکه ژئودزی که به بهترین وجهی در سطح قاره‌ها یا در سطح جهان گسترده شده‌اند کمترین جدایی را با شکل فیزیکی زمین (ژئوئید) داشته باشد. به گونه‌ای که دیگر لازم نیست تصحیحی را به محاسبات ژئودزی اعمال کنیم تا به سطح واقعی زمین تبدیل شوند، چون همان‌طور که می‌دانیم از طریق داشتن مختصات (طول و عرض ژئودتیکی) دو نقطه می‌توان فاصله هندسی آن دو را براساس روابط ریاضی روی سطح بیضی محاسبه کرد ولی از آن‌جایی که سطح زمین یک شکل ریاضی و یکنواخت نیست لذا باید این فاصله ریاضی به سطح و فاصله واقعی (ژئوئید) تبدیل شود روی این اصل باید تصحیحی



دیتماها با سطوح مبنای (مرجع) مختلف

نگاره (۳۳)



را به محاسبات اعمال کرد مگر آنکه جدایی بین دو سطح ریاضی و فیزیکی به حدی باشد (فرضاً ۱۰ متر) که این تصحیح را بتوان صفر فرض کرد.

### دیتیمهای ژئودتیکی پیشنهاد شده

در گذشته بهترین راه حل جهت رسیدن به اهداف نظامی و علمی، انتخاب مجموعه‌ای از سطوح مبنا مختلف تعریف شده و انطباق هر یک از آنها با شکل واقعی زمین، در مناطق مورد نظر بود. به عبارتی سیستم مختصات ژئودتیکی مربوط به هر دیتیم را با سیستم مختصات زمینی آن منطقه از نظر دوران انتقال و مقیاس، توجیه نماییم، به نگاره (۳۳) مراجعه نماییم. سطوح مبنایی کشورهای همچون دیتیم آمریکای شمالی (NAD)، دیتیم اروپایی (ED) و دیتیم توکیو و دیتیم هندوستان برای رسیدن به این‌گونه اهداف تعریف شده‌اند اما این امر بدان معنی نمی‌باشد که هر کشوری جهت انجام هر کاربرد خاص نقشه برداری مختصات خام نقاط داخل کشورش را به دیتیمهای تعیین شده فوق تبدیل کند. (مطالب فوق خلاصه‌ای از اطلاعات مربوط به ویژگیهای علمی در نظر گرفته شده جهت انتخاب و تعیین سطوح مبنا مختلف بوده است).

امتیازات و ویژگیهای نظامی این دیتیم‌ها موجب تولید مجموعه دیگری از مقادیر عددی و اطلاعات مهم نظامی شده است.

### دیتیم یا سطح مبنا مسطحاتی آمریکای شمالی (۲۷ - NAD)

این دیتیم ژئودتیکی، برای ایالات متحده آمریکا و کانادا تعریف شده است. مبدأ این دیتیم یا نقطه اولیه آن میوز - رنج کانزاس در موقعیت عرض  $39^{\circ} 13' 26.686''$  شمالی و طول  $94^{\circ} 29' 26.1''$  غربی قرار دارد. بیضوی مقایسه مربوط به دیتیم آمریکای شمالی بیضوی کلارک ۱۸۶۶ است. که به روش نجوم ژئودتیکی و با انتخاب نقاط لاپلاس نسبت به شکل فیزیکی زمین (ژئوئید) توجیه و تعیین شده است. این سیستم ژئودتیکی، کشور کانادا را به مکزیک و ناحیه غرب، مرکزی و جنوبی آمریکا را به هم متصل می‌کند. اتصال شبکه‌های نقشه برداری آمریکای جنوبی و مرکزی به وسیله سازمان نقشه برداری ژئودتیکی آمریکا انجام گرفته است. دیتیم ژئودتیکی ۲۷-NAD امروزه به دیتیم ۸۳-NAD تبدیل شده است، که یک دیتیم جدیدی می‌باشد. پس از سالها محاسبه و اصلاح دیتیمهای قبلی دیتیم جدیدی به نام بیضوی بین‌المللی ۱۹۸۰ تعیین و معرفی شده است.

### دیتیم اروپایی (ED-50)

مبدأ این دیتیم یا نقطه اولیه آن در شهر پوتسدام آلمان شرقی واقع در برج هلمرت و در موقعیت  $51^{\circ} 23' 51.45''$  عرض ژئودتیکی و  $13^{\circ} 03' 58.74''$  طول ژئودتیکی قرار دارد. سیستم‌های ژئودتیکی معروفی به این دیتیم بزرگ و بیضوی بین‌المللی، متصل شده‌اند. این دیتیم به روش ژئودتیکی - نجومی تعیین شده است. واحد نقشه برداری نظامی آمریکا (Army map service) بسا ایجاد شبکه‌ای از زنجیره‌ای از نقاط ژئودزی و نقشه برداری، شبکه ژئودزی کشورهای اروپایی و کشورهای آفریقایی را به یکدیگر متصل کرده است و با انجام اندازه گیری‌های ژئودزی جای خالی به

جای مانده از شبکه زنجیره‌ای آفریقا (آرک آفریقایی) بین کیب تاون تا کاپرو، را بدین وسیله پر نمود. بنابراین با این اندازه گیریها تمامی اروپا و آفریقای شمالی و جنوبی را به یک سیستم ژئودتیکی بزرگ تبدیل شده، و از طریق ایستگاههای مشترک امکان انتقال داده‌ها از سیستم ژئودتیکی پالکووا روسی (Russian pulkova) به این سیستم مختصات ژئودتیکی بزرگ (ED - 50) فراهم گردیده است. نتیجه این اتصال باعث شد که دیتیم اروپایی شبکه‌های مثلث بندی شرقی ترین نقاط دنیا را (تا نصف النهار ۸۴ درجه شرقی) نیز در بر بگیرد. همچنین نقاط مشترک و اتصالی که در طول شبکه خاورمیانه برای دیتیم در نظر گرفته شده امکان اتصال دیتیم اروپایی به دیتیم هندوستان را فراهم ساخت.

### دیتیم توکیو

سومین سطح مبنا مسطحاتی که تعیین شده است، دیتیم توکیو است که مبدأ این دیتیم یا نقطه اولیه آن در شهر توکیو با موقعیت عرض  $35^{\circ} 39' 17.51''$  شمالی و طول  $139^{\circ} 44' 40.50''$  غربی قرار دارد این سطح مبنا براساس توجیه بیضوی بسل به وسیله نقطه‌ای نجومی نسبت به ژئوئید تعریف و تعیین شده است. با اتصال شبکه ژئودزی مربوط به این دیتیم ژئودتیکی به شبکه مثلث بندی کشور کره باعث شد که دیتیم ژئودتیکی ژاپن به دیتیم منجوری نیز متصل شود. متأسفانه چون نقطه توکیو (نقطه اولیه دیتیم) روی شیب تند ژئوئید نسبت به بیضوی بسل قرار دارد و در این نقطه، بیضوی بسل فقط با یک نقطه نجومی تنها نسبت به سطح ژئوئید توجیه شده است. لذا این امر باعث شده که با گسترش شبکه ژئودزی دیتیم از نقطه اولیه خطاهای بزرگ سیستماتیکی در جدایی بیضوی از ژئوئید تولید شود.

### دیتیم هندوستان

سطح مبنای هندوستان نیز به عنوان یک دیتیم ژئودتیکی محلی است که برای شبه قاره هندوستان و چندین کشور مجاور با آن و بعضی از کشورهای جنوب شرقی آسیا انتخاب شده است. منظور از دیتیم محلی، در واقع بیضوی‌ای است که در منطقه‌ای خاص و نواحی اطراف آن به ژئوئید منطبق و یا نزدیک شده باشد. بیضوی مقایسه دیتیم هندوستان بیضوی اورست است که نقطه اولیه این دیتیم در کالیان پور واقع در مرکز هندوستان به موقعیت عرض ژئودتیکی  $24^{\circ} 07' 11.26''$  شمالی و  $77^{\circ} 39' 12.57''$  طول شرقی ژئودتیکی قرار دارد. این سطح مبنا در سال ۱۸۳۰ میلادی تعیین شد. بیضوی اورست یکی از قدیمی‌ترین بیضویهاست که در کاربردهای معمولی نقشه برداری از آن استفاده می‌شود. این بیضوی به‌طور قابل توجه‌ای با پارامترهای تعیین شده برای دیتیم هندوستان سازگاری ندارد. در نتیجه می‌توان گفت که دیتیم هندوستان نمی‌تواند در محدوده وسیعی از نقطه اولیه دیتیم گسترده شود بدان جهت که جدایی بیضوی اورست از ژئوئید افزایش خواهد یافت. بنابراین با توجه به افزایش جدایی بیضوی از ژئوئید در مناطق بسیار دور از نقطه اولیه و همچنین این حقیقت که نقاط گره‌ای بین شبکه‌های مثلث بندی محلی



a اندازه‌های قطریک طولی بر حسب متر f فردگی

$\frac{1}{298173}$	دیتم جهانی ۱۹۶۰ - WGS	۶۳۷۸۱۶۵
$\frac{1}{298175}$	دیتم جهانی ۱۹۶۶ - WGS	۶۳۷۸۱۴۵ متر
$\frac{1}{298176}$	دیتم جهانی ۱۹۷۲ - WGS	(دیتم‌هاوارهای دایر) ۶۳۷۸۱۴۵ متر
$\frac{1}{298175722256}$	دیتم جهانی ۱۹۸۴ - WGS	(دیتم‌هاوارهای GPS) ۶۳۷۸۱۳۷ متر

همان‌طور که در نگاره (۳۴) مشاهده می‌کنید با توجه به اختلاف بزرگی که در ابعاد بیضیها مشاهده می‌شود، امکان سازگاری آنها در یک سیستم واحد و بدون گریز از اعوجاج و تغییر شکلهای بزرگ امکان پذیر نخواهد بود. در مورد اندازه گیری فواصل بلند نظامی (پرتابه‌های با برد بلند) و مسائل مربوط به جهت‌یابی و تعیین‌گرا اهداف نظامی، دیتم‌های محلی ارائه شده در بحث‌های قبلی فقط جهت اهداف اولیه نظامی به کار گرفته شده‌اند چون وسعت شبکه این دیتم‌ها از سطح یک قاره یا یک منطقه جغرافیایی خاص خارج نشده‌است، لذا هنگامی که ژئودینها کار بهبود و توسعه دیتم‌های ژئودیتیک محلی (ملی) را دنبال نمودند، دریافتند که دیتم‌های محلی در امر تهیه اطلاعات ژئودیتیکی جهت پرتاب موشک‌های بالستیک درون قاره‌ای از نواقص کاملاً جدی برخوردار هستند. در اولین مرحله برای بهبود دیتم‌های ژئودیتیک محلی، نقاط گره‌ای شبکه سیستم هیرن (آتلانتیک شمالی) را جهت اتصال سطح مینا اروپایی به سطح مینا آمریکای شمالی استفاده کردند و امکان تبدیل این دو دیتم به یکدیگر را مهیا نمودند، اما این موضوع به معنی حل مسئله جدایی و اختلاف دیتم‌ها از یکدیگر نبود. چون هر دو دیتم و سیستم‌های مختصات تابع آنها، محلی هستند و به‌طور نسبی در منطقه خاصی از دنیا با ژئوئید توجیه شده‌اند، به طوری که هر یک از بیضیهای مربوط به آن دیتم‌ها فقط در منطقه تحت پوشش شبکه ژئودزی آنها بهترین انطباق و کمترین جدایی را با ژئوئید دارند، لذا بیشترین انطباق از بین می‌رود. از طرفی فرآیند تبدیل و اتصال انواع دیتم‌های ژئودیتیکی به یکدیگر از طریق داشتن پارامترهای ترانسفورماسیون بین آنها یا به‌وسیله معلوم بودن مختصات نقاط گره‌ای در هر دو دیتم، اجازه تولید خطاهای سیستماتیکی را می‌دهد که مانع از ایجاد سازگاری بین داده‌های جدید اندازه‌گیری شده و داده‌های موجود در همان دیتم‌ها می‌شوند. بر همین اساس ژئودینها دیتم هندوستان را به دیتم اروپا و توکیو متصل کردند. با انجام این ارتباط اکثر نیازهای ژئودیتیکی مربوط به محاسبه طولهای بلند ژئودزی برآورده شد. نیازهایی که به‌وسیله دیتم‌های محلی قبلی برآورده نمی‌شد. شبکه گره‌ای هیرن آتلانتیک شمالی یکی از قدیمی‌ترین کاربردهای استفاده از پیشرفت سیستم شورن است، و حکایت از اولین کاربرد تکنولوژی اندازه‌گیری فاصله به‌وسیله رادار در نقشه‌برداری است. اساس استفاده از سیستم شورن همانند به کارگیری از طول یابهای مدرن EDM است. به هر حال عملکرد سیستم شورن بدینگونه است که با قرار گیری دستگاهی در هواپیما امکان اندازه‌گیری فاصله بین دو منطقه که در فاصله ۵۰۰ کیلومتری از یکدیگر قرار دارند فراهم می‌شود. در این حالت

موجود در جنوب شرقی آسیا عموماً ضعیف هستند، بنابراین دیتم هندوستان احتمالاً کمترین رضایت را در بین دیتم‌های ارائه شده در این باب برآورده می‌کند و بنابراین می‌توان پارامترهای مشخصه چهاربیضی مختلف ذکر شده در تعریف دیتم‌های مختلف را به شرح ذیل بیان کرد، (به فصل (۲) مراجعه شود).

فردگی بیضی	تقسف قطر طولی بیضی	بیضی کلارک ۱۸۶۶
$\frac{1}{298173}$	۶۳۷۸۲۰۶	بیضی بین‌المللی (هاپفورد)
$\frac{1}{298175}$	۶۳۷۸۳۸۸	بیضی بسل
$\frac{1}{298176}$	۶۳۷۷۳۹۷	بیضی اورست
$\frac{1}{3001802}$	۶۳۷۷۲۷۶	بیضی کلارک ۱۸۸۰
$\frac{1}{2981765}$	۶۳۷۸۲۴۹/۱۴۵	بیضی کراسوسکی (روسیه)
$\frac{1}{298173}$	۶۳۷۸۲۴۵	بیضی ایری
$\frac{1}{298175722256}$	۶۳۷۵۶۴/۳۹۶	بیضی ایری ترمیم‌شده
$\frac{1}{298175722256}$	۶۳۷۳۴۰/۱۸۹	بیضی بین‌المللی استرالیا
$\frac{1}{298175}$	۶۳۷۸۱۶۰	بیضی اورست ترمیم‌شده
$\frac{1}{30018017}$	۶۳۷۷۳۰۴/۰۶۳	بیضی فیشر ۱۹۶۰ (عطار)
$\frac{1}{298173}$	۶۳۷۸۱۶۶	بیضی فیشر ترمیم‌شده ۱۹۶۰ (دیتم آسیای جنوبی)
$\frac{1}{298173}$	۶۳۷۸۱۶۶	بیضی هلمرت ۱۹۰۶
$\frac{1}{298173}$	۶۳۷۸۲۰۰	بیضی هومگ
$\frac{1}{298173}$	۶۳۷۸۲۷۰	بیضی آمریکا جنوب ۱۹۶۹
$\frac{1}{298175}$	۶۳۷۸۱۶۰	بیضی سیستم مرجع ژئودیتیکی ۱۹۶۷
$\frac{1}{298175722256}$	۶۳۷۸۱۶۰	بیضی سیستم مرجع ژئودیتیکی ۸۰ - GRS
$\frac{1}{2981757222101}$	۶۳۷۸۱۳۷	

بیضیهای جهانی که مربوط به دیتم‌های جهانی هستند و در تمامی نقاط دنیا جدایی آنها از ژئوئید از ده متر تجاوز نمی‌کند برای ایجاد و تعیین چنین دیتم‌هایی و تعیین مشخصه‌های بیضیهای آنها نیاز به گسترش شبکه‌های ژئودزی به سراسر جهان است.

تعداد این نوع بیضیها و دیتم‌ها بسیار محدود است و فکر ایجاد سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای همانند سیستم دایر و GPS آنها را به‌وجود آورده است. زیرا ماهواره‌ها، به گرد جهان می‌گردند و موقعیتها آنها نسبت به یک بیضی جهانی باید تعیین شود. بیضیهای جهانی یا دیتم‌های ژئوستریک که مرکز سیستم مختصات کارترین ژئودیتیک آنها در مرکز ثقل زمین قرار دارد و محورهای آنها با محورهای سیستم مختصات متوسط زمین موازی هستند به شرح ذیل هستند:

طریق سیستم شورن مختصات آن به ایستگاه مستر دومی منتقل می شود و بدین وسیله می توان شبکه ای از نقاط مختصات دار پایه، با طولهای بلند در سراسر یک منطقه یا قاره ایجاد کرد. در شبکه گره های هیرن یا شبکه اتصالی آنلاینتیک شمالی، طولها و فواصل بلندتر از ۵۰۰ کیلومتر نیز به وسیله سیستم و روش شورن اندازه گیری شده است. دقت نسبی بدست آمده از شبکه و طولهای بلند که با این سیستم اجراء شده در حدود  $\frac{1}{۱۰۰,۰۰۰}$  بوده است. (نگاره (۳۴) را ملاحظه فرمائید)

ایستگاههای مستر (ساکن) که ارسال کننده امواج رادار هستند در حکم ایستگاههای ژئودزی زمینی هستند. و ایستگاه ریموت (متحرک) که دریافت کننده امواج رادار می باشد در هواپیمای در حال حرکت قرار دارد و با داشتن فاصله هواپیما از دو ایستگاه مستر که از طریق اندازه گیری فاصله به وسیله امواج رادار حاصل می شود. امکان محاسبه فاصله هندسی (بلند) بین دو ایستگاه مستر زمینی (ایستگاه اصلی) و در راستای خط اتصال دهنده آن دو به یکدیگر به وجود می آید. اگر چنانچه یکی از ایستگاههای مستر دارای موقعیت تعیین شده از قبل باشد با مشاهده فاصله هندسی مورد نظر از

