

# آموزش کاربردی سیستم های مختصاتی برای GIS به زبان ساده

تالیف: محمدعلی نظام محله

تابستان ۱۴۰۰

## پیشگفتار

تجربیات چندین ساله این جانب در اجرای طرح های مرتبط با فناوری ها و علوم اطلاعات مکانی در نرم افزارهای مربوطه و همچنین تدریس دروس دانشگاهی و آموزش های نرم افزاری نشان داده است که بخش قابل توجه مشکلات دانشجویان و کارشناسان عدم درک درست از ماهیت سیستم های مختصاتی در نرم افزارها و ابزارهای کار نقشه برداری می باشد. تجربه نشان داده است که سوالات و مشکلات نرم افزاری بسیاری از دانشجویان در بیشتر موارد مربوط به عدم درک درست آنها از چگونگی کار سیستم های مختصاتی و ویژگی های خاص آن بوده است. همچنین خطاها و ناهماهنگی های موجود در داده های بسیاری از سازمان ها و دستگاه های اجرایی ناشی از عدم اجرای تنظیمات درست سیستم های مختصاتی توسط کارشناسان مربوطه قبل از اقدامات اجرایی در خصوص رفرنس دهی عوارض در محیط نرم افزارهای مختلف بوده است. در نتیجه، درک عمیق سیستم های مختصاتی نقش مهمی در بهبود عملکرد کارشناسان و علاقه مندان به فعالیت های مربوطه در زمینه علوم GIS خواهد داشت که از خطاها و ناهماهنگی ها در تولید، ترسیم، تحلیل، ذخیره و نمایش داده ها و اطلاعات جلوگیری نموده و موجب بهبود بازدهی طرح های اجرایی در زمینه های مربوطه خواهد شد. بنابراین، وظیفه خود دانسته ام جزوه ای آموزشی در این زمینه جهت ارتقای دانش کاربردی جامعه علاقمندان علوم مکانی تهیه نمایم. در این آموزش کوتاه، دو مورد از پر استفاده ترین سیستم های مختصاتی در ایران و جهان یعنی سیستم های مختصاتی GCS و UTM را بطور نسبتاً کاربردی و با بیان ساده معرفی و توضیح می دهیم.

این جزوه بصورت رایگان در سایت فوری آموز برای استفاده عموم قرار داده شده است و استفاده و انتشار آن در سایت های دیگر با ذکر ماخذ بلامانع است. این کار تلاشی کوچک در زمینه ارائه خدمات به جامعه علاقه مندان است و مانند هر اثر دیگر خالی از ایرادات نیست. از خوانندگان درخواست داریم نواقص احتمالی و پیشنهادات را برای مجموعه فوری آموز ارسال نمایند.

محمدعلی نظام محله

تابستان ۱۴۰۰

### سیستم مختصات جغرافیایی (درجه دقیقه ثانیه)

یک سیستم مختصات جغرافیایی (GCS) سیستمی است که از سطح سه بعدی کره زمین برای تعیین موقعیت مکان ها روی سیاره زمین استفاده می کند. هر مکان روی سطح سیاره زمین می تواند با یک نقطه که دارای طول جغرافیایی (Longitude) و عرض جغرافیایی (Latitude) است، تعیین موقعیت شود. این سیستم مختصات مناسب داده های جهانی نظیر تصاویر ماهواره ای و نقشه های کوچک مقیاس مانند نقشه های با پوشش کشوری است. طول جغرافیایی و عرض جغرافیایی در GCS بصورت خطوط نصف النهاری و مداری مشخص می شود.

عرض جغرافیایی (مقدار  $\gamma$ ) خطوط موازی باهم در جهت غربی-شرقی هستند. مقادیر خطوط عرض جغرافیایی به سمت شمال افزایش می یابد و ارقام آن از منفی ۹۰ درجه در قطب جنوب تا مثبت ۹۰ درجه در قطب شمال ادامه می یابد. مبدا عرض جغرافیایی خط استوا کره زمین است.

طول جغرافیایی ( $X$ ) خطوط شمالی جنوبی غیرموازی هستند و به سمت قطب های زمین همگرا می شوند. مختصات ایکس ارقام طول جغرافیایی از -۱۸۰ درجه تا +۱۸۰ تغییر می کند. مبدای طول جغرافیایی نصف النهار گرینویچ در لندن است.

مختصات نقاط بصورت درجه دقیقه و ثانیه (در مواردی نیز این مختصات بصورت دسیمال دگری یعنی درجه و ارقام بعد اعشار آن) نوشته می شوند که موقعیت هر نقطه روی زمین را مشخص می کنند. مثال زیر بصورت درجه دقیقه ثانیه است.

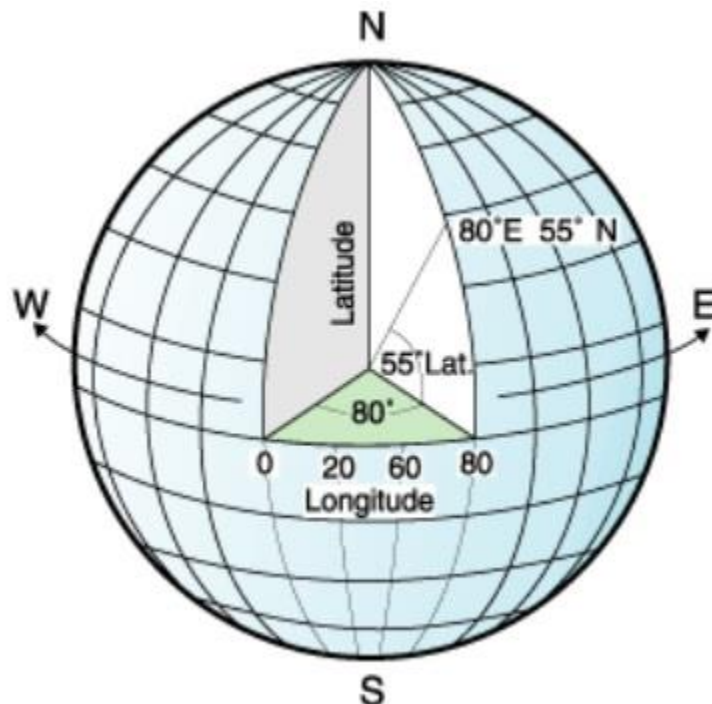
- Latitude: 36 degrees, 47 minutes, 52 seconds N
- Longitude: 54 degrees, 0 minutes, 23 seconds E

این ارقام مختصاتی در حالت دسیمال دگری (decimal degrees) میتواند بصورت زیر نوشته شود.

- Latitude: 36.79777
- Longitude: 54.00638

که هر دو موقعیت دقیقا یکی هستند و یک نقطه از سطح زمین را نشان می دهند.

برای بدست آوردن آن می توان از تقسیم ۵۲ ثانیه بر ۶۰ استفاده کرده و رقم بدست آمده را به ۴۷ دقیقه اضافه کنیم و بعد از آن عدد حاصل را بر ۶۰ تقسیم کنیم. نتیجه آن عدد ۳۶,۷۹۷۷۷ است که فقط به درجه بیان می شود. (شکل ۱)

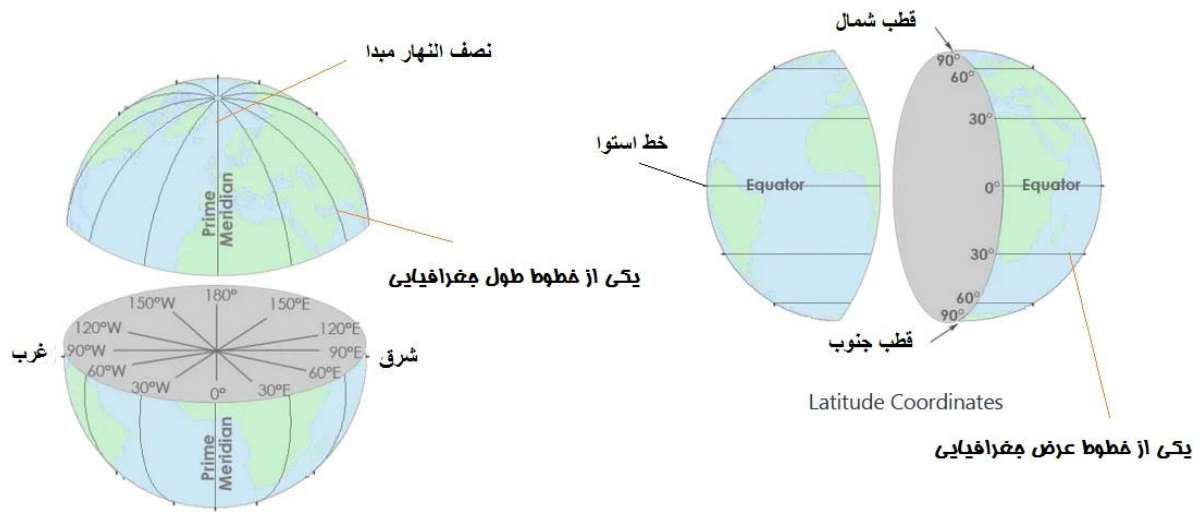


شکل ۱: نمایش طول جغرافیایی (Longitude) و عرض جغرافیایی (Latitude)

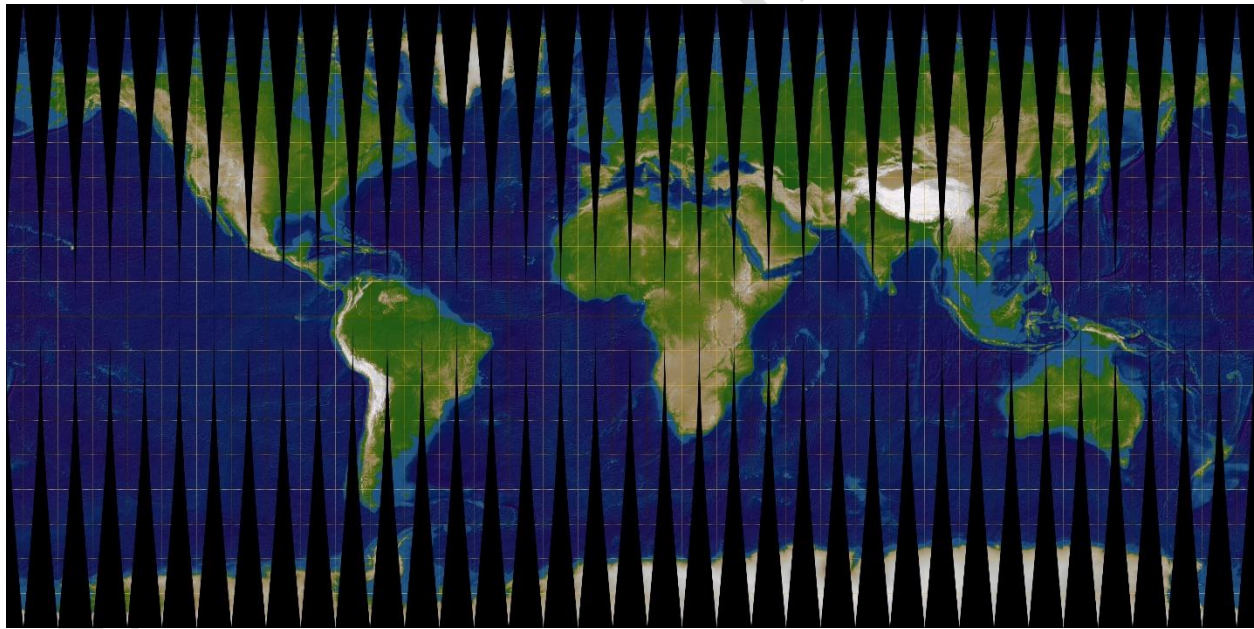
خطوط طول و عرض جغرافیایی کل کره زمین را پوشش می دهند و یک شبکه ایجاد می کنند که *graticule* نامیده می شود. نقطه مبدا گراتیکیول (۰ ، ۰) است که مکالم تقاطع خط نصف النهار مبدا و خط استوا است. خط استوا تنها مکانی در سیستم گراتیکیول است که فاصله خطی معادل یک درجه طول جغرافیایی برابر با فاصله یک درجه عرض جغرافیایی است. چون خطوط نصف النهاری به سمت قطب ها با هم همگرا می شوند و بنابراین فاصله بین دو خط نصف النهار در عرض های جغرافیایی متفاوت تغییر می کند. بنابراین، هر چه به سمت قطب حرکت می کنیم و به قطب نزدیکتر می شویم، فاصله یک درجه عرض جغرافیایی (مثلا به متر) بسیار بزرگتر از فاصله یک درجه طول جغرافیایی می شود.

تعیین طول های خطوط عرض جغرافیایی با استفاده از گراتیکیول کار دشواری است. خطوط عرض جغرافیایی دایره های هم مرکزی هستند که نزدیک به قطب قطر آنها کاهش می یابد تا جایی که در نقطه قطب به یک نقطه تبدیل می شوند. در خط استوا یک درجه طول جغرافیایی تقریبا برابر با ۱۱۱,۳۲۱ کیلومتر است درحالیکه در ۶۰ درجه عرض جغرافیایی یک درجه طول جغرافیایی تنها ۵۵,۸۰۲ کیلومتر است. بنابراین، از آنجایی که هیچ طول همسانی از درجات طول و عرض جغرافیایی وجود ندارد، فاصله بین نقاط بوسیله این سیستم درجه ای نمی تواند به طور دقیق اندازه گیری شود. (شکل ۲ و شکل ۳)

این سیستم معمولا از دیتوم WGS-1984 استفاده می کند و برای محدوده های بزرگ مانند کشور ایران و یا یک استان استفاده می شود.



شکل ۲: نمایش طول و عرض جغرافیایی در سیستم درجه ای کره زمین



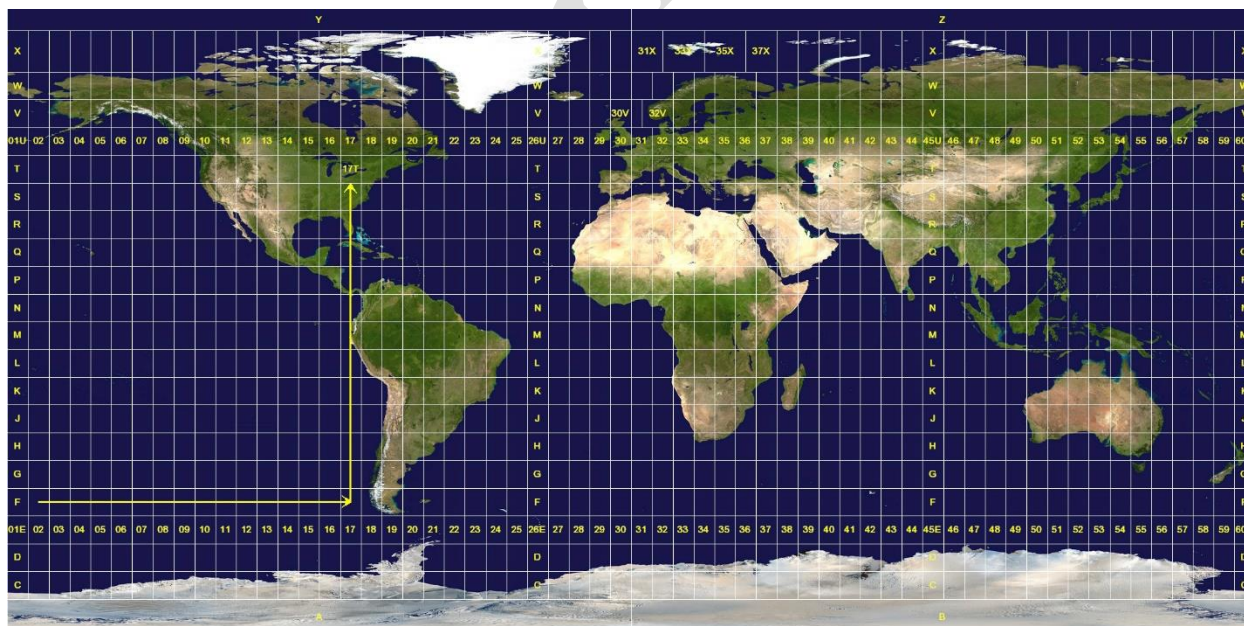
شکل ۳: نمایشی از حالت همگرایی نصف النهارات

سیستم مختصات یو تی ام (UTM)

سیستم نمایشی مرکاتور متقاطع جهانی همانطوری که از نام آن پیدا است براساس نمایش مرکاتور متقاطع استوانه ای است. این استوانه (سیلندر) در سیستم نمایش مرکاتور متقاطع مماس بر امتداد نصف النهار (خط عمودی طول جغرافیایی) است یا بصورت صفحه ای است که سیاره زمین را در دو نصف النهار استاندارد قطع میکند.

در سیستم تصویر UTM، این استوانه متقاطع در واحد های شش درجه ای ( $6^\circ$ ) به دور سیاره زمین می چرخد. بنابراین، در این چرخش ۶۰ نوار ۶ درجه ای یا شصت زون نمایشی (۳۶۰ تقسیم بر ۶ درجه) را ایجاد می کند. در یک چنین سیستم تصویری، به جای اینکه کل کره زمین در یک صفحه تخت نمایش داده شود، هرکدام از این ۶۰ نوار یا ۶۰ زون بر روی یک صفحه جداگانه نمایش داده می شوند. در نتیجه کژی مقیاس (خطای انحراف در مقیاس یا distortion) در داخل هر زون به حداقل ممکن کاهش می یابد.

نصف النهاری که در مرکز هر زون قرار می گیرد، در اصطلاح نصف النهار مرکزی (central meridian) آن زون نامیده می شود. این استوانه که سیاره زمین را به دو قسمت مساوی فرضی تقسیم می کند، طوری با کره زمین تقاطع پیدا می کند که دو خط نصف النهار استاندارد ایجاد می کند که هر دو سمت نصف النهار مرکزی زون ۱۸۰ درجه هستند. از آنجایی که سیستم تصویر مرکاتور متقاطع بیشترین کژی و خطای آن در محدوده های قطبی به وجود می آید، زون های UTM فقط بین ۸۰ درجه جنوبی و ۸۴ درجه شمالی محدود هستند. به عبارت دیگر، محور Y در هر زون از ۸۰ درجه جنوبی شروع و تا ۸۴ درجه شمالی ادامه دارد. در پهنه های قطبی یعنی محدوده های پایین تر از ۸۰ درجه جنوبی و بالاتر از ۸۴ درجه شمالی از سیستم تصویر دیگری بنام (Universal Polar Stereographic coordinate system) یا بطور مخفف UPS استفاده می شود.



شکل ۴: شماره زون های و حروف باندهای مداری سیستم مختصاتی UTM

پهنای باریک هر زون (تنها ۶ درجه) این اطمینان را حاصل می کند که کژی مقیاس در هر زون به حداقل ممکن کاهش می یابد. همچنین نقشه ای که از یک استوانه متقاطع بدست آید خطای نسبتا کمتری از نقشه ای خواهد داشت که از یک استوانه مماس بدست می آید. مقیاس در هر کدام از این دو خط نصف النهاری استاندارد کاملا درست است ( $\text{scale factor} = 1$ ) به این معنی که در امتداد این دو خط هیچ کژی وجود ندارد. در روی خط نصف النهار فاکتور مقیاس ۰,۹۹۹۶ است و در مکان هایی که از این خط هر چه دورتر می شویم، عوارض روی نقشه بزرگتر از واقعیت سطح زمین نمایش داده می شوند و در نتیجه فاکتور مقیاس بزرگتر از یک است. خطای مقیاس در هر زون UTM همیشه کمتر از ۰,۱ درصد باقی می ماند (بسیار کمتر از یک درصد). یا به عبارت دیگر، خطای مقیاس همیشه کمتر از ۱ متر در هر ۱۰۰۰ متر است (در نزدیکی مرکز زون بسیار کمتر از این مقدار است و در قسمت های انتهایی به یک متر نزدیک می شود). طبیعتا برای مناطقی که بین دو زون قرار می گیرند، این خطا به حداکثر ممکن افزایش می یابد.

سیستم های تصویر مرکاتور و مرکاتور متقاطع در واقع سیستم های تصویر هم دیس هستند. در سیستم های هم دیس زاویه های محلی کاملا حفظ می شوند و شکل ها در پهنه های کوچک بطور دقیق و بدون کژی نمایش داده می شوند. در نتیجه حفظ حالت نسبتا واقعی زاویه ها و شکل ها، مساحت و اندازه عوارض در این نقشه ها تا حدودی انحراف پیدا می کنند. بنابراین، انتخاب یک سیستم تصویر متقاطع و یک زون باریک می تواند این انحرافات و خطاها را در یک نقشه با سیستم مختصات UTM به حداقل ممکن کاهش دهد.

### زون UTM

شماره گذاری زون های یو تی ام (UTM) از ۱ تا ۶۰ است که از طول جغرافیایی ۱۸۰ درجه در خط زمان بین المللی شروع می شود و از سمت غرب به سمت شرق ادامه می یابد. طول جغرافیایی هر زون شش درجه است. بنابراین، زون شماره یک بین ۱۸۰ درجه غربی روی سطح کره زمین شروع می شود و تا ۱۷۴ درجه غربی تمام می شود؛ نقطه شروع زون شماره دو از ۱۷۴ غربی و نقطه پایانی آن ۱۶۸ غربی است؛ زون شماره ۶۰ (زون آخر) بین طول جغرافیایی ۱۷۴ شرقی تا طول جغرافیایی ۱۸۰ غربی (خط ساعت بین المللی) است.

از نظر عمودی (یا شمال جنوب یا Y)، هر زون به باندهای افقی ۸ درجه ای ( $۸^\circ$ ) در پهنای عرض جغرافیایی تقسیم می شود. این ۲۰ باند با حروف انگلیسی برچسب گذاری شده اند که از حرف C در جنوب شروع و تا X در شمال خاتمه می یابد. البته حروف انگلیسی O و I در این برچسب گذاری حذف شدند تا با اعداد ۰ و ۱ اشتباه گرفته نشوند. دقت داشته باشید که حرف N اولین باند عرض جغرافیایی در بالای خط استوا است؛ پس تمام حروف انگلیسی در حروف الفبا که بعد از N هستند در نیم کره شمالی قرار می گیرند. برچسب های A B Y Z برای پهنه های قطبی (بالای ۸۴ شمالی و پایین ۸۰ جنوبی) در سیستم مختصات UPS هستند. طبق قرارداد، برای معرفی یک مربع از زون UTM، عدد زون (ستون) قبل از حرف زون (ردیف) قرار می گیرد، برای مثال ۳۹G برای بخشی از ایران.

هر زون یک خط نصف النهار مرکزی دارد که در قسمت وسط زون از جنوب به شمال ادامه می یابد و زون را به دو نیمه شرقی و غربی تقسیم می کند. برای مثال، همانطور که در تصویر می بینیم، زون ۲۸ در نیم کره شمالی بین نصف النهار ۱۸ درجه غربی در سمت چپ تا نصف النهار ۱۲ درجه غربی در سمت راست محصور است. چون زون های UTM بین خطوط نصف النهار محصور هستند و این خطوط به سمت قطب ها همگرا هستند (هر چه به سمت قطب می روند بهم نزدیک تر می شوند و در نقطه قطب بهم متصل هستند)، در نتیجه پهنای زون از استوا به سمت قطب ها همچنان باریکتر می شود.

تقسیم بندی زون ها در نوار های افقی (با نام گذاری حروف انگلیسی) باعث می شود که هر واحد از آن پهنای ۶ درجه ای و بلندی ۸ درجه ای داشته باشد. البته در برخی پهنه ها اصلاحات و انطباق هایی در این مقادیر اعمال شده است. شمالی ترین باند (X) به جای ۸ درجه دارای عرض جغرافیایی ۱۲ درجه است و از ۷۲ درجه شمالی تا ۸۴ درجه شمالی ادامه دارد. زون ۳۱X و ۳۷X پهنای ۹ درجه دارند و در نتیجه زون های ۳۲X و ۳۴X و ۳۶X حذف شدند.

### شبکه UTM یا سیستم مختصات UTM

با استفاده از یک نقشه با سیستم تصویر، سطح منحنی سیاره زمین تبدیل به یک سطح دوبعدی هموار می شود. یک سیستم مختصاتی یا یک شبکه بر روی این سطح مسطحاتی نشانده می شود. چنین سیستم مختصات یک چهارچوب ارجاع دهی را برای معرفی موقعیت دقیق یک شی فراهم می کند.

سیستم UTM یک سیستم مختصات نمایشی (*projected coordinate system*) است، و بصورت یک سیستم مختصاتی مستطیلی مسطح است (یا یک سیستم مختصات دکارتی). در این سطح دو بعدی، دو خط مستقیم بصورت ۹۰ درجه در یک نقطه همدیگر را قطع می کنند که این دو خط محور نامیده می شوند و محل دقیق تقاطع این دو مبدا مختصات (۰، ۰) نامیده می شود. محور افقی (محور غربی شرقی) با نام محور X و محور عمودی (جنوبی شمالی) با نام محور Y نامیده می شوند. موقعیت یک نقطه در این سیستم مختصات مستطیلی براساس فاصله تا محور های X و Y تعریف می شود. این دو عدد فاصله موقعیت X و Y آن نقطه را معرفی می کنند. این اعداد فاصله X و Y در سیستم مختصات UTM به واحد متر هستند؛ یعنی هر یک واحد تغییر در عدد ایکس به معنی یک متر حرکت در جهت شرق یا غرب است و هر یک واحد تغییر در عدد وای به معنی یک متر حرکت در جهت شمال جنوب است.

تقاطع این دو محور در صفحه سیستم مختصات این فضا را به چهار ربع تقسیم می کند. بنابراین، نقاطی که بر روی یک خط عمودی در سمت راست محور Y قرار می گیرند، ارزش مختصاتی X مثبت دارند و نقاطی که بر روی یک خط عمودی در سمت چپ محور Y قرار می گیرند دارای ارزش مختصاتی X منفی هستند. همچنین، نقاطی که بر روی یک خط افقی در سمت بالای محور X قرار می گیرند، ارزش مختصاتی Y مثبت دارند و نقاطی که بر روی یک خط افقی در سمت پایین محور X قرار می گیرند دارای ارزش مختصاتی Y منفی هستند.



برعکس، سیستم مختصات نمایشی، سیستم مختصات جغرافیایی از یک شبکه منحنی استفاده می کند تا بتواند با سطح منحنی سیاره زمین منطبق باشد. در این سیستم، مختصات طول جغرافیایی و عرض جغرافیایی به واحد درجه - دقیقه - ثانیه نمایش داده می شود. این سیستم مختصات های جغرافیایی با استفاده از سیستم تصویر نقشه به مختصات های مسطحاتی تبدیل می شوند.

سیستم مختصات UTM یک سیستم مختصات مسطحاتی مورد استفاده برای کل جهان (بجز محدوده های قطبی) است. زون های UTM با استفاده از سیستم تصویر مرکاتور متقاطع تخت شده و یک شبکه شطرنجی از خطوط عمودی و افقی مستقیم بر روی هر زون تنظیم شده اند. هر چند نصف النهار های داخل هر زون و روی مرز زون به سمت قطب ها همگرا می شوند، اما خطوط عمودی داخل زون در تمام محدوده زون موازی با نصف النهار مرکزی زون هستند. خطوط افقی در عوض موازی با استوا هستند. در نتیجه، مربع های این شبکه شطرنجی در تمام محدوده نقشه یک اندازه و یک شکل هستند.

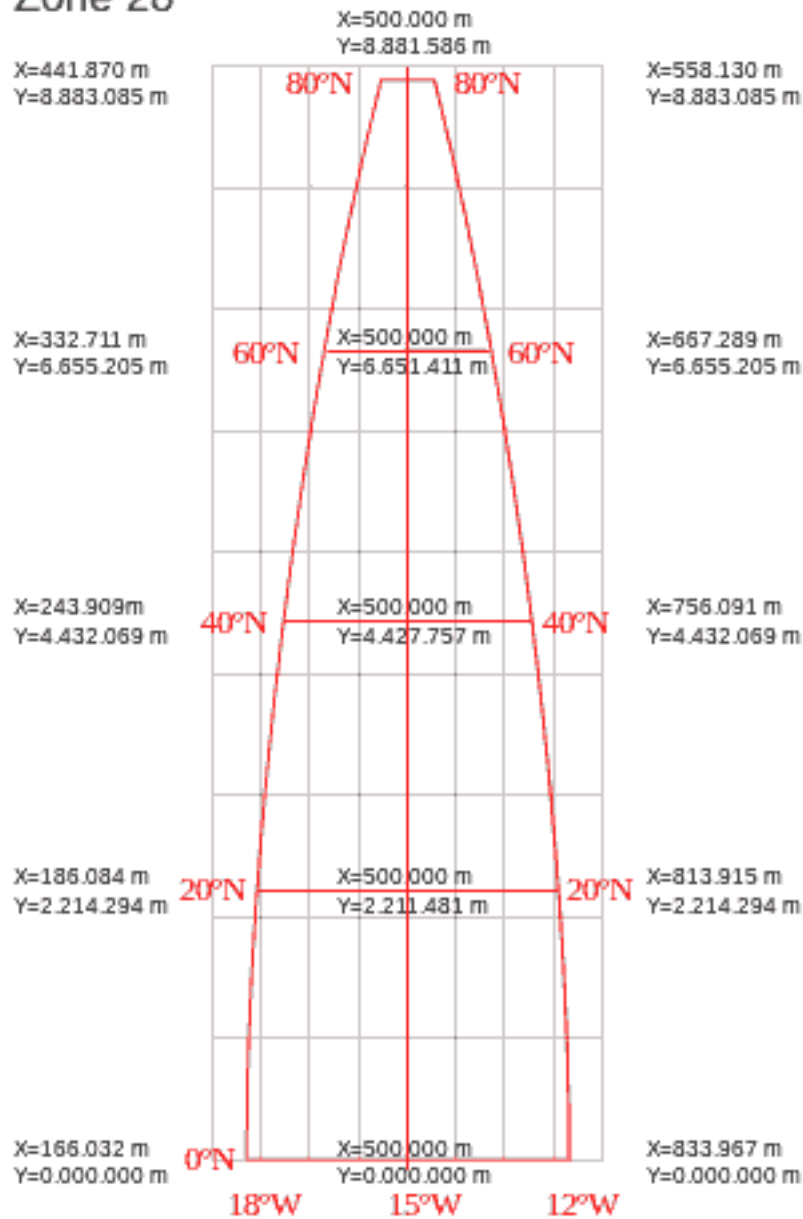
جهت عمودی خطوط این شبکه شطرنجی که به آن شمال شبکه (*grid north*) روی نقشه گفته می شود متفاوت با شمال واقعی (*true north*) است که مرتبط با جهت نصف النهار خطوط طول جغرافیایی است. این تفاوت زاویه ای بین شمال شبکه و شمال واقعی را انحراف شبکه (*grid declination*) می نامند. در نقشه های بزرگ مقیاس (مثلا نقشه یک روستا) برعکس نقشه های بزرگ مقیاس مانند نقشه یک استان این انحراف بسیار ناچیز است.

در خروجی شبکه UTM، واحد اندازه گیری متر است و مختصات های یک نقطه با موقعیت شرقی (*easting*) و موقعیت شمالی (*northing*) مشخص می شوند که در واقع موقعیت شرقی همان X و موقعیت شمالی همان Y در مختصات دکارتی است. خطوط عمودی شبکه روی نقشه برای پیدا کردن موقعیت شرقی نقشه و خطوط افقی شبکه برای پیدا کردن موقعیت شمالی روی نقشه بکار می روند. بنابراین با این شبکه می توان موقعیت دقیق یک نقطه را روی نقشه مشخص کرد.

در نظر گرفتن نصف النهار مرکزی بعنوان مرکز محور Y سیستم مختصات در هر زون منتج به اعداد منفی برای نقاط واقع در سمت غرب نصف النهار می شود. به همین دلیل، نصف النهار مرکزی بطور قراردادی ۵۰۰۰۰۰ متر در نظر گرفته شده است. بنابراین، تمام نقاطی که در سمت شرق مرکز زون قرار دارند ارزش یکس آنها بزرگتر از ۵۰۰۰۰۰ متر و تمام نقاطی که در سمت غرب نصف النهار مرکزی قرار دارند مقدار یکس آنها کمتر از ۵۰۰۰۰۰ متر است. براساس این قرارداد، مبدا در خارج از زون و در ۵۰۰۰۰۰ متر واقع شده است که با نام مبدا کاذب (*false origin*) نام دارد؛ و همچنین مختصات شرقی با عنوان شرق کاذب نامیده می شوند.

### Zone 28

WGS84 ellipsoid



شکل ۵: نمایش موقعیت شرقی و موقعیت شمالی در سیستم یو تی ام

## مختصات UTM – موقعیت شرقی و موقعیت شمالی

### موقعیت شرقی (Easting)

مختصات موقعیت شرقی (X یو تی ام) یک نقطه از مبدا کاذب ۵۰۰۰۰۰ متر به سمت نصف النهار مرکزی آن زون UTM اندازه گیری می شود. در داخل یک زون، مقادیر موقعیت شرقی به سمت شرق افزایش می یابند. مثلاً یک نقطه که در ۹ متری شرق نصف النهار مرکزی قرار دارد، یک موقعیت شرقی (یا همان X) مساوی با ۵۰۰۰۰۰ بعلاوه ۹ متر دارد که رقم موقعیت شرقی (یا همان مقدار X) آن ۵۰۰۰۰۹ است. همچنین موقعیت نقطه ای در ۴۳۷ متری غرب ن مرکز برابر با ۴۹۹۵۶۳ متر است. فاصله شرقی- غربی دو نقطه براساس اختلاف بین مقادیر موقعیت شرقی یا همان ایکس آنها اندازه گیری می شود.

در محل خط استوا یعنی جایی که عرض جغرافیایی صفر است، پهنای زون حد اکثر است یعنی فاصله بین ابتدا و انتهای زون بیشترین طول را دارد. دامنه تقریبی مقادیر ایکس می تواند براساس دیتوم و بیضوی انتخابی محاسبه شود. در کل، مقادیر ایکس نمی تواند بزرگتر از ۸۳۴۰۰۰ متر و کوچکتر از ۱۶۶۰۰۰ متر باشد. در نتیجه، مقدار عدد موقعیت شرقی (ایکس) همیشه یک عدد شش رقمی است.

### موقعیت شمالی (Northing)

یک مقدار موقعیت شمالی (Y یو تی ام) در نیم کره شمالی فاصله یک نقطه تا خط استوا را در امتداد یک خط قائم به متر نشان می دهد. همچنین موقعیت یک نقطه در جنوب خط استوا، فاصله یک نقطه در نیم کره جنوبی برابر است با ۱۰۰۰۰۰۰۰ متر منهای فاصله آن نقطه تا خط استوا. بنابراین، در هر دو نیمکره مقدار عدد Y (northing) از جنوب به سمت شمال افزایش می یابد. یک نقطه با مقدار Y برابر با ۸۳۵۰۱۰۷ متر، دارای فاصله ۱۶۴۹۸۹۳ متر از خط استوا است.

$$10000000 - 8350107 = 1649893 \text{ m N}$$

همچنین یک نقطه ای که در ۷ متری جنوب خط استوا واقع شده است، دارای یک موقعیت شمالی ۹۹۹۹۹۹۳ متر خواهد بود. این در حالی است که یک نقطه در ۷ متری شمال خط استوا دارای یک موقعیت شمالی ۰۰۰۰۰۰۷ خواهد بود. فاصله شمالی-جنوبی بین دو نقطه در شمال خط استوا با مقادیر Y های ۴۳۷۵۲۳۳ و ۴۳۷۱۴۵۴ برابر با ۳۷۷۹ متر خواهد بود.

$$4375233 - 4371454 = 3779 \text{ m N}$$

بسته به دیتوم و بیضوی انتخابی، دامنه تقریبی ارقام Y را می توان محاسبه نمود. در نیمکره جنوبی، دامنه ارقام Y از ۱۰۰۰۰۰۰۰ (ده میلیون) در استوا تا تقریباً ۱۱۰۰۰۰۰ متر (یک میلیون و یکصد متر) در مدار ۸۰ جنوبی ادامه می یابد. در نیمکره شمالی، ارقام

Y از صفر متر در استوا شروع و تا حدود ۹۳۵۰۰۰۰ متر در مدار ۸۴ شمالی ادامه می یابد. در صورتی که ارقام Y بصورت ۷ رقمی نشان داده شوند بخاطر این است که معمولا صفرهای قبل آنها برداشته می شود.

مختصات X و Y مربوط به UTM موقعیت یک نقطه روی سطح زمین را نشان می دهد. برای مثال یک نمونه آدرس دهی براساس مختصات UTM بصورت زیر است.

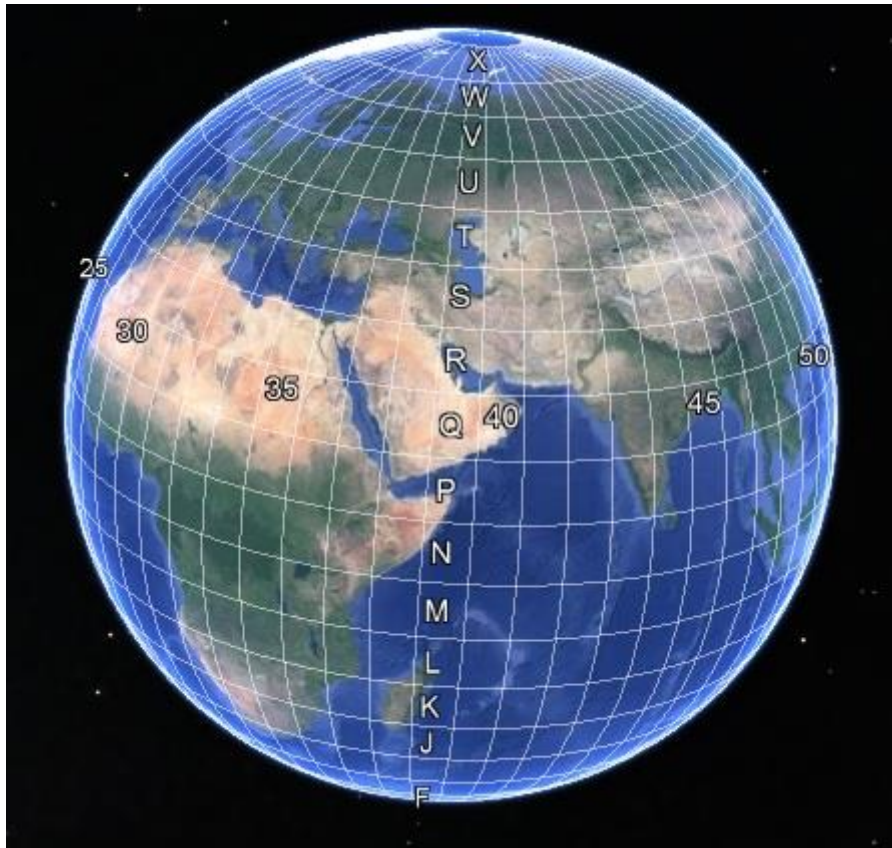
39U 358657mE 5885532mN

با توجه به اینکه ارقام مختصاتی یکسانی ممکن است در دو نیم کره وجود داشته باشد، در تعریف موقعیت لازم است که نیمکره و باند عرض جغرافیایی را نیز مشخص نماییم. معمولا گیرنده های GPS میتوانند از هر دو روش برای تعیین نیمکره نقطه استفاده کنند. بنابراین، باید به این نکته توجه داشت که در مواردی که حروف N و S برای معرفی نیمه نباید با حروف برچسب باند UTM اشتباه گرفته نشود و بالعکس.

### طول و عرض جغرافیایی درمقابل UTM - مشکل مرز زون ها

در استفاده از سیستم مختصات UTM نسبت به سیستم مختصات درجه دقیقه طول و عرض جغرافیایی (geographic coordinate system) مزیت هایی وجود دارد. در سیستم مختصات UTM مربع های شبکه در تمام نقشه دارای اندازه و شکل کاملا یکسانی هستند. در مقابل، در سیستم مختصات جغرافیایی (GCS)، عدد فاصله ای که با یک درجه طول جغرافیایی (یا دقیقه یا ثانیه) نشان داده می شود در عرض های جغرافیایی مختلف تغییر می کند. بنابراین، واحد های اندازه گیری در تمام کره قابت باقی نمی ماند. فاصله هایی که در درجه طول جغرافیایی اندازه گیری می شوند را نمی توان در عرض های جغرافیایی مختلف باهم مقایسه کرد. به عبارت دیگر، مثلا مسافت یک درجه به کیلومتر در نزدیک خط استوا بسیار بلندتر از همان مسافت یک درجه در عرض های بالاتر است. پس نمی توان دو عدد یکسان یک درجه را در عرض های مختلف باهم مقایسه کرد.

در سیستم UTM تمام اندازه گیری ها به متر است. مختصات تمام نقاط مثبت است و نیازی به حروف N S E W برای بیان مثلا طول شرقی یا غربی و یا عرض شمالی و جنوبی وجود ندارد. همچنین سیستم UTM نیازی به تغییر فرمت در واحد ها مانند دسیمال دگری یا درجه دقیقه ثانیه ندارد. ارقام مختصاتی یک نقطه بطور واضح و دقیق موقعیت آن نقطه را سیستم مختصات دکارتی معروف نشان می دهد. همچنین این اعداد مختصاتی را می توان به آسانی با هم جمع و کم نمود و فواصل را به راحتی محاسبه نمود. در نتیجه، در UTM فواصل، مساحت ها، و جهت ها را بسیار آسانتر از سیستم جغرافیایی (درجه دقیقه) می توان محاسبه نمود. کشور ایران در باند مداری حروف S و R قرار می گیرد که نیمه شمالی ایران در باند S و نیمه جنوبی ایران در باند R قرار می گیرند. ایران همچنین در زون های ۳۸، ۳۹، ۴۰، و ۴۱ قرار می گیرد.



شکل ۶: حروف باند های مداری سیستم مختصات UTM در سیاره زمین



شکل ۷: زون های ۳۸، ۳۹، ۴۰، و ۴۱ ایران در باندهای حروف S و R سیستم UTM

پهنای باریک هر زون (۶ درجه) و استفاده از یک سطح قطع کننده ادامه دار در سیستم تصویر موجب می شود که انحراف یا کژی در مقیاس به حداقل ممکن خود برسد. سیستم UTM برای مناطقی که در داخل ۲ زون واقع می شوند چندان مناسب نیست چرا که هرچه از مرکز زون دور تر می شویم انحراف و خطا افزایش می یابد. زمانی که در مناطق مرز دو زون کار می کنیم، از چندین سیستم مختصات می بایست استفاده شود. سیستم های مختصات در زون های مجاور یک رابطه ریاضی ندارند.

نقشه های بزرگ مقیاس معمولاً مختصات های زون مجاور را در بر می گیرند و هر زون به داخل زون های همسایه خود کشیده می شود. زمانی که مرز زون داخل نقشه قرار می گیرد، این مورد بیشتر از یک زون و یا بیشتر از قسمتی از یک زون است که نشان داده می شود. زمانی که یک عارضه سطح زمین یا یک مکان مورد نظر در داخل دو زون واقع می شود، مختصات را می توان به وسیله همان سیستم شبکه محاسبه و ذخیره نمود.

برای رفع مشکل مرز زون ها در سیستم UTM چند روش وجود دارد که عبارتند از: استفاده از یک پهنای زون متفاوت برای مناطق مورد نظر (مثلاً MTM در کانادا که حالت اصلاح شده UTM برای کشور کانادا است)، تنظیم کردن یک عدد نمره مرکزی متفاوت

بطوریکه یک زون بتواند منطقه مورد نظر ما را پوشش بدهد و منطقه ما به جای دو زون داخل یک زون قرار بگیرد، سیستم مختصات داده ها را به سیستم مختصات زون همسایه که بخش بیشتری از منطقه ما را پوشش می دهد تغییر بدهیم. مثلا اگر بخش قابل توجهی از منطقه ما در زون ۴۰ و بخش اندکی از آن در زون ۳۹ واقع شده و داده های ما با زون ۳۹ شمالی ذخیره شده اند، بهتر است کل داده ها را به زون ۴۰ شمالی تغییر بدهیم (در زمینه روش تغییر سیستم تصویر و مختصات در نرم افزار ArcGIS آموزش های زیادی در سایت فوری آموز وجود دارد)، تغییر هر دو زون به یک سیستم تصویر متفاوت، تبدیل داده ها و لایه های اطلاعاتی به سیستم مختصات طول و عرض جغرافیایی (GCS). سه روش آخر برای زمانی است که بخواهیم داده ها، تحلیل ها، و ذخیره سازی داده ها را در ژئودیتابیس با هم ترکیب بکنیم.

### UTM و دیتوم

یک سیستم مختصاتی ممکن است بر مبنای دیتوم های متفاوتی باشد. نقشه های مختلف شاید با دیتوم های متفاوتی رفرنس بشوند. همچنین ممکن است دیتومی که توسط گیرنده GPS رفرنس شد یکسان و منطبق با دیتوم مورد استفاده در نقشه نباشد. دیتوم پیش فرض گیرنده های GPS معمولا روی سیستم ژئودتیک جهانی ۱۹۸۴ (WGS 84) تنظیم می شود. همچنین نقشه های آنلاین موجود مانند گوگل مپ و بینگ مپ نیز از دیتوم WGS-1984 استفاده می کنند.

انتقال سیستم مختصات ها بین نسخه های مختلف نقشه ها، برداشت های GPS، و همچنین بین نقشه های کاغذی و نقشه های رقومی می تواند منجر به بروز خطاهایی در موقعیت مختصات ها بشود که علت آن میتواند عدم سازگاری بین دیتوم ها باشد. برای مثال، اگر می بخواهیم موقعیت یک چهارراه را که بر اساس دیتوم NAD27 آماده شده به روی نقشه GPS انتقال دهیم که بوسیله دیتوم WGS-1984 تنظیم است، موقعیت آن چهارراه ممکن است چند صد متر آنطرف تر از موقعیت سطح زمین قرار گیرد.

موقع کار با داده های جغرافیایی لازم است که حتما دیتوم را بیان کنید. نرم افزارهای مختلف معمولا دیتوم ها را مشخص کرده اند و شما می توانید آنها را انتخاب کنید و یا تغییر بدهید. در گیرنده های GPS نیز شما می توانید تنظیمات دیتوم را تغییر بدهید تا با دیتوم نقشه شما یکسان و هماهنگ باشد. در نقشه های چاپ شده نیز معمولا دیتوم در گوشه ای از نقشه یادداشت می شود و یا در متادیتای داده ها قید می شود.

### سیستم UTM روی نقشه - رفرنس شبکه

خطوط شبکه UTM معمولا روی نقشه نمایش داده می شوند و با اینکه تیک های آن در گوشه نقشه علامت گذاری می شوند که اتصال این علامت های تیک با خط مستقیم بهمديگر می تواند خطوط شبکه UTM را روی نقشه مشخص نماید. فاصله بین خطوط شبکه UTM بسته به مقیاس نقشه می تواند متفاوت باشد. برای مثال در نقشه های سازمان زمین شناسی ایالات متحده (USGS) نقشه های با چهار گوشه ۷,۵ دقیقه (مقیاس ۱:۲۴۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰) و نقشه های با چهار گوشه ۱۵ دقیقه ای (مقیاس ۱:۵۰۰۰۰) و نقشه های با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ NTS کانادایی، این شبکه های UTM دارای فاصله های ۱۰۰۰ متر یا یک کیلومتر هستند. در نقشه های با مقیاس کوچکتر USGS مانند ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ و نقشه های کوچک مقیاس NTS کانادایی با

مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، این شبکه ها دارای فاصله ۱۰۰۰۰ متر یا ده کیلومتر هستند. این فواصل شبکه ها معمولا در حاشیه نقشه ها نمایش داده می شود. فاصله زمینی این ابعاد نیز می تواند با استفاده از مقیاس نقشه محاسبه شود.

خطوط شبکه یا تیک مارک های نزدیک گوشه نقشه یا ارقام مختصاتی کامل نشان داده می شوند. ارقام مختصر شده (با نام ارقام اصلی یا دو رقم اول) معمولی برای برچسب کردن سایر خطوط شبکه بکار برده می شوند. برای پیدا کردن مختصات UTM یک نقطه، باید قسمت بالا سمت راست را بخوانید. ارقامی که در ارتباط با خطوط عمودی (در ته نقشه و در بالای نقشه) نشان داده می شوند در واقع مقادیر X (easting) هستند. مقادیری که در گوشه چپ و راست مربوط به خطوط افقی هستند در واقع ارزش های Y (northing) را نشان می دهند.

در مثال شکل پایین، فواصل خطوط شبکه ۱۰۰۰ متر است؛ به این معنی که ابعاد هر مربع شبکه ۱۰۰۰ متر در ۱۰۰۰ متر است. برای پیدا کردن موقعیت X نقطه A، ارزش نزدیکترین خط شبکه در سمت چپ نقطه را پیدا می کنیم. در این مورد ارزش گرید ۳۳ نوشته شده است که همان ۵۳۳۰۰۰mE است. فاصله روبه شرق نقطه A تا این خط گرید، به مقدار گریدلین اضافه می شود. مقدار فاصله نقطه A می تواند بطور تقریبی برآورد شود و یا با استفاده از مقیاس اندازه گیری شود. برآورد رقم دهگان یک مربع می تواند موقعیت نقطه A را در حدود ۰,۴ طول مربع در سمت شرق نشان بدهد. بنابراین،

این فاصله برابر با  $0,4 \times 1000m = 400m$  خواهد بود. پس مقدار X نقطه A برابر با

$$533400mE = 533000 + 400 \text{ است یا بطور خلاصه } 533400 \text{ نوشته می شود.}$$

جهت پیدا کردن موقعیت Y نقطه A، عدد نزدیک ترین خط گرید در قسمت پایین نقطه A را پیدا می کنیم. در اینجا ارزش خط گریدلین ۱۴ یا همان ۵۵۱۴۰۰۰mN است. فاصله رو به شمال نقطه A تا این خط گرید با مقدار درج شده مربوط به آن خط گرید جمع می شود. با برآورد رقم دهگان یک مربع شبکه که در حدود ۰,۷ طول یک ضلع مربع و در شمال خط گرید ۱۴ واقع است، این فاصله برابر با

$$700m = 0,7 \times 1000m \text{ است. بنابراین،}$$

مقدار Y نقطه A برابر با :

$$5514700mN = 5514000 + 700$$

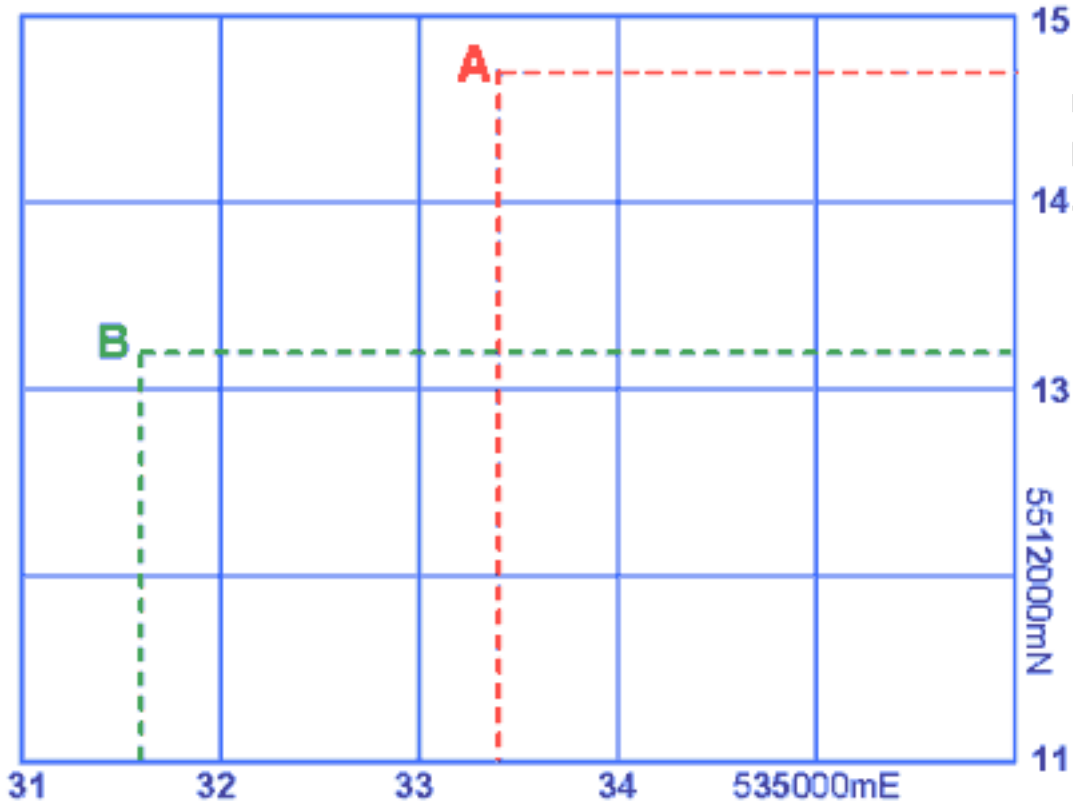
یا بطور خلاصه ۱۴۷ خواهد بود.

مختصات کامل نقطه A که در زون ۱۰ باند U واقع شده است برابر است با :

Zone 10U 533400mE 5514700mN



که ارجاع به این نقطه بطور خلاصه قراردادی بصورت GR 334147 نوشته خواهد شد. در رفرنس دهی خلاصه لازم است حتما شماره شیت یا شماره برگه نقشه ذکر شود؛ مثلا G/15 ۹۲.



شکل ۸: تعیین موقعیت نقاط در سیستم تصویر یو تی ام

اگر موقعیت نقطه ای در سیستم مختصات UTM معلوم باشد، با تعیین ارزش های X و Y آن می توان مکان آن نقطه را روی نقشه مشخص نمود. برای مثال، رفرنس گرید نقطه B برابر با GR 316132 است. با داشتن این رفرنس شبکه مقدار خلاصه X ۳۱۶ و مقدار خلاصه Y ۱۳۲ است. توجه داشته باشیم که در رفرنس دهی UTM همیشه رقم X ابتدا و رقم Y بعد از آن نوشته می شود. یک رفرنس شش رقمی نشان دهنده فواصل شبکه ۱۰۰ متر در ۱۰۰ متر است. از روی نقشه مشخص می شود که مقدار X باید بین ۳۱ و ۳۲ قرار گرفته باشد (۵۳۲۰۰۰)، رقم گان مقدار X برابر ۵ است و همچنین عدد ۶ رقم گان در خلاصه ۳۱۶ است. چون دقت در حدود ۱۰۰ متر است و رقم های دهگان و یکان تعریف نشدند آنها را می توان با رقم صفر نشان داد. در نتیجه می توان مقدار کامل X را بصورت ۵۳۱۶۰۰mE نوشت. همچنین مقدار Y که ۱۳۲ است بین دو گریدلاین ۱۳ (۵۵۱۳۰۰۰) و ۱۴ (۵۵۱۴۰۰۰) واقع شده است. با قراردادن مقدار صفر در رقم های یکان و دهگان مقدار کامل عدد Y برای این نقطه بدست می آید (۵۵۱۳۲۰۰mN). پس مختصات UTM نقطه B به این صورت بیان می شود. Zone 10U 531600mE 5513200mN.

### تعیین مختصات در نرم افزار ArcGIS

در نرم افزار ArcGIS و بسیاری از نرم افزارهای دیگر انواع سیستم های تصویر در دسترس هستند که می توان از بین آنها سیستم مختصاتی مورد نظر را انتخاب و بر روی داده های مورد استفاده اعمال نمود.  
در اینجا نحوه انتخاب دو سیستم GCS و UTM را توضیح می دهیم.

#### سیستم GCS

ترتیب انتخاب آن برای هر مکانی بصورت زیر است:

<ol style="list-style-type: none"> <li>۱. Geographic Coordinate System</li> <li>۲. World</li> <li>۳. WGS 1984</li> </ol>
<p>GCS_WGS_1984                      WKID: 4326 Authority: EPSG</p> <p>Angular Unit: Degree (0.0174532925199433)                      Prime Meridian: Greenwich (0.0)                      Datum: D_WGS_1984                      Spheroid: WGS_1984                      Semimajor Axis: 6378137.0                      Semiminor Axis: 6356752.314245179                      Inverse Flattening: 298.257223563</p>

#### سیستم تصویر UTM

ترتیب انتخاب آن برای تهران بصورت زیر است:

<ol style="list-style-type: none"> <li>۱. Projected Coordinate System</li> <li>۲. UTM</li> <li>۳. WGS 1984</li> <li>۴. Northern Hemisphere</li> <li>۵. WGS_1984_UTM_Zone_39N</li> </ol>
---

WGS\_1984\_UTM\_Zone\_39N  
WKID: 32639 Authority: EPSG

Projection: Transverse\_Mercator  
False\_Easting: 500000.0  
False\_Northing: 0.0  
Central\_Meridian: 51.0  
Scale\_Factor: 0.9996  
Latitude\_Of\_Origin: 0.0  
Linear Unit: Meter (1.0)

Geographic Coordinate System: GCS\_WGS\_1984  
Angular Unit: Degree (0.0174532925199433)  
Prime Meridian: Greenwich (0.0)  
Datum: D\_WGS\_1984  
Spheroid: WGS\_1984  
Semimajor Axis: 6378137.0  
Semiminor Axis: 6356752.314245179  
Inverse Flattening: 298.257223563

### نکات کاربردی

یکی از مهمترین مشکلاتی که اکثر افرادی که با نرم افزار های GIS کار می کنند این است که لایه های اطلاعاتی مختلف مانند نقشه راه ها، نقشه شهر ها، نقشه رودخانه، نقشه زمین شناسی و یا هر نقشه دیگر بر روی هم قرار نمی گیرند. این مهمترین مشکلی است که ناشی از استفاده نادرست و یا خطا در تنظیمات سیستم مختصات در نرم افزار است.

برای تشخیص اینکه لایه اطلاعاتی (رستری یا فیچر) دارای سیستم مختصاتی تعریف شده است یا خیر در نرم افزار ArcGIS می بایست بصورت زیر عمل کرد.

افزودن لایه در محیط نرم افزار

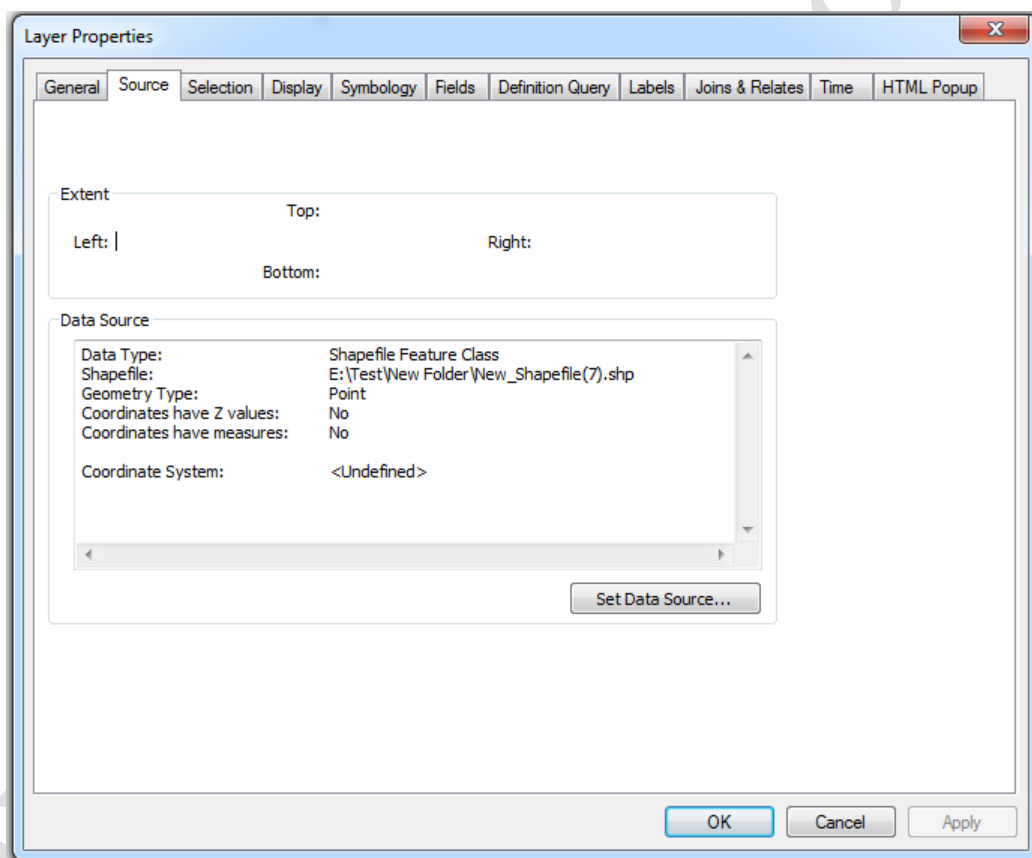
باز کردن Properties لایه مورد نظر

رفتن به برگه (Tab) مرجع یا Source

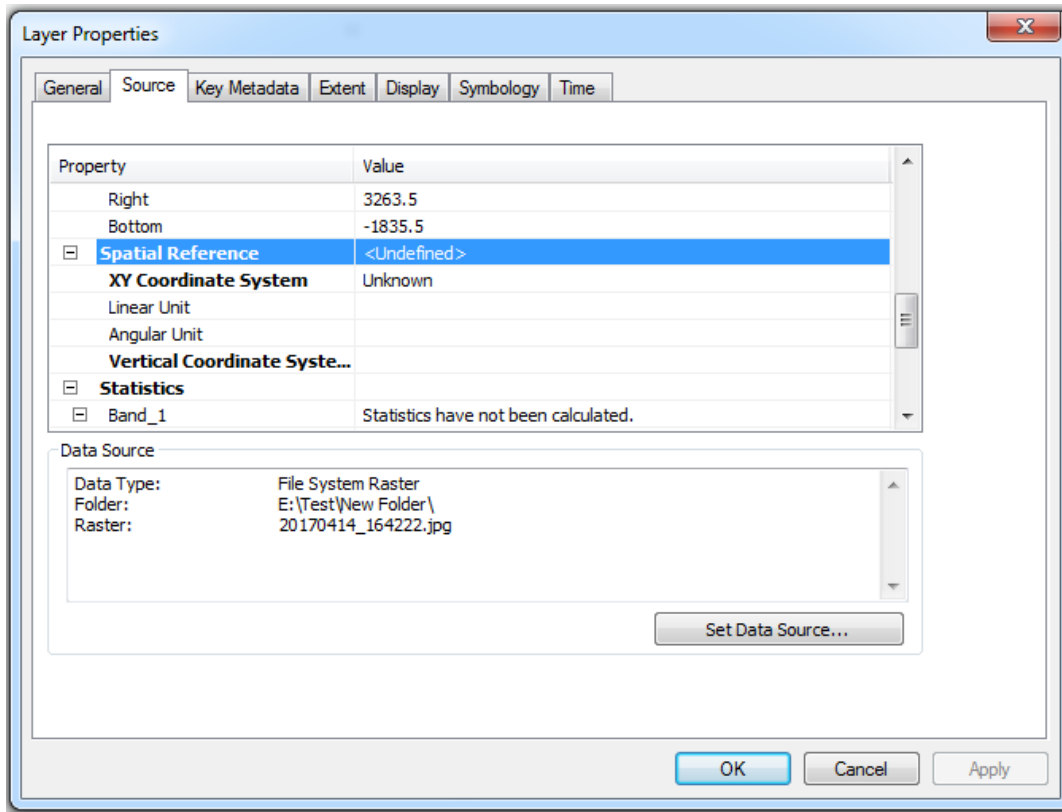
در صورت تعریف نبودن سیستم مختصات در بخش Coordinate System اصطلاح >> Undefined درج شده است.

Data Type: Shapefile Feature Class  
 Shapefile: E:\Test\New Folder\New\_Shapefile(7).shp  
 Geometry Type: Point  
 Coordinates have Z values: No  
 Coordinates have measures: No  
**Coordinate System: <Undefined>**

بنابراین، در لایه وکتوری یا Feature در صورتی که سیستم مختصات تعریف نشده باشد بصورت زیر مشخص می شود.



در لایه رستری در صورتی که سیستم مختصات تعریف نشده باشد بصورت زیر مشخص می شود.



اگر در زمان Add کردن یک لایه در ArcGIS و یا وارد کردن یک لایه به محیط این نرم افزار با پیغام **Unknown Spatial Reference** مواجه شدیم به این معنی است که سیستم مختصات برای لایه مورد نظر تعریف نشده و یا اینکه لایه مورد نظر فاقد سیستم مختصات واقعی است. همچنین برای

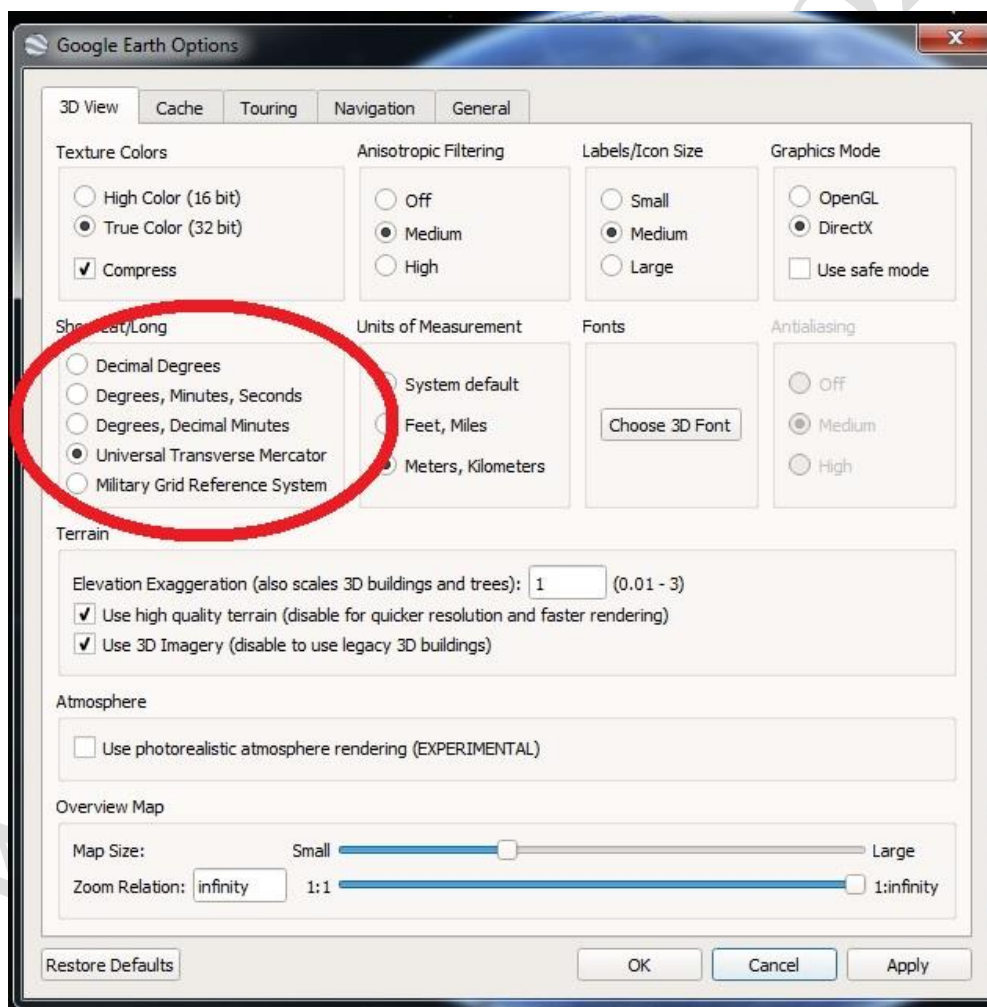
در این حالت دو حالت ممکن متصور است؛ یا اینکه لایه اطلاعاتی فاقد سیستم تصویر واقعی است که در این صورت می بایست با توجه به موقعیت عوارض روی آن و یا اطلاعات گوشه های نقشه و یا عارضه سیستم مختصاتی جدیدی برای آن ایجاد نموده و سپس آن را برای نرم افزار تعریف نمود. ایجاد سیستم مختصاتی جدید معمولاً با استفاده از روش ژئورفرنس کردن صورت می گیرد که در این زمینه آموزش های کاربردی مناسبی در سایت فوری آموز قرار داده شده است.

حالت دوم زمانی است که لایه دارای سیستم مختصاتی معینی است ولی این سیستم مختصاتی برای لایه تعریف نشده است. در این صورت لازم است اول سیستم مختصاتی لایه مورد نظر تشخیص داده شود که این امر را می توان با استفاده از متادیتا و یا ارقام مختصاتی و شناخت موقعیت منطقه آن را شناسایی نمود. دوم ، باید سیستم مختصاتی آن را برای نرم افزار تعریف نمود.

در نرم افزار گوگل ارض (Google Earth) برای بررسی انواع سیستم های مختصاتی مکان های مختلف می توانید از مسیر زیر عمل کنید.

۱. Google Earth
۲. Tools
۳. Options
۴. Show Lat/Long

در این قسمت می توانید انواع سیستم های مختصاتی را انتخاب و آنها را تغییر بدهید.



شکل ۹: انتخاب و بررسی انواع سیستم های مختصاتی در گوگل ارض

## معرفی کاربردی سیستم های مختصاتی برای GIS به زبان ساده

برای انتخاب انواع سیستم های مختصاتی در نرم افزار ArcGIS می توانید در قسمت Catalog بر روی لایه کلیک راست کرده و Properties آن را باز کنید. در سربرگ XY Coordinate System در وکتور ها و سربرگ General در لایه های رستری می توان سیستم مختصات لایه را مشاهده و یا آن را تعریف نمود.

### منابع

[www.geokov.com](http://www.geokov.com)

[www.ibm.com](http://www.ibm.com)

[www.gisgeography.com](http://www.gisgeography.com)

[www.foriamooz.ir](http://www.foriamooz.ir)

ArcGIS Desktop Help