

Systemy informacji przestrzennej

Wykład 3

Lokalizowanie danych na Ziemi

w oparciu o kurs „Geospatial Intelligence and the Geospatial Revolution” PennState University

Joanna Kołodziejczyk

marzec 2016

Plan wykładu

- 1 Skala
- 2 Współrzędne geograficzne
- 3 Transformacje
- 4 Odwzorowania kartograficzne

Skala liczbowa

Definicja

Skala mapy jest proporcją między odległością na mapie i odpowiednią odległością na Ziemi:

$$(D_m/D_g)$$

Zgodnie z przyjętą konwencją D_m (distance on map) jest zredukowana do 1. Zazwyczaj ułamek zapisuje się w formie $1 : D_g$.
np. 1: 100.000 odcinek drogi który mierzy 1 jednostkę długości na mapie oznacza odcinek drogi równy 100.000 jednostek długości na Ziemi.

Skala liczbowa

Zasada

Większa skala — bardziej dokładna mapa

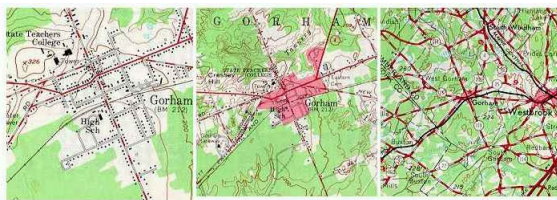
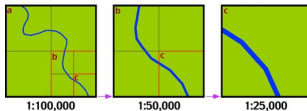


Figure 4a
Scale 1:24000

Figure 4b
Scale 1:62500

Figure 4c
Scale 1:250,000



Zadania

Pracujesz z mapą w skali 1: 24 000 (1 mm = 24000 mm lub 1 cal = 24000 cal). Zadania dla geologów:

- 1 Na mapie znajduje się obiekt, który jest odległy o 18,5 cm. Ile musisz przejść kilometrów by dojść na miejsce?
- 2 Gdy dojdiesz do pola, masz zamiar stworzyć mapę geologiczną obszaru. Twój ołówek ma rysik grubości 0,3 mm. Zatem najmniejszy obiekt jaki możesz nanieść na mapę ma szerokość 0,3 mm. Jak szeroki w rzeczywistości będzie oznaczony obiekt?

Skala w zdjęciach lotniczych

Używanie zdjęć lotniczych jako źródeł mapy ma pewien problem: skala na zdjęciach jest zmienna i zależy od wysokości terenu fotografowanego. Zakładając, że pilot utrzymuje samolot w poziomie podczas lotu (co wcale nie jest łatwe) nadal odległość aparatu od Ziemi jest zmienna w zależności od ścieżki po jakiej porusza się samolot. Zatem skala zdjęcia jest większa gdy obiekt znajduje się wyżej i mniejsza, gdy obiekt znajduje się niżej.

Ortorektyfikacja

proces przetworzenia obrazu fotogrametrycznego (zdjęcie lotnicze lub satelitarne) mający na celu usunięcie jego zniekształceń powodowanych różnicami wysokości powierzchni terenu oraz nachyleniem zdjęcia.

Przeliczanie skali w zdjęciach lotniczych

Można obliczyć średnią skalę z nierektyfikowanego zdjęcia lotniczego rozwiązując równanie:

$$Sp = f / (H - h_{avg})$$

gdzie f to ogniskowa aparatu, H to wysokość lotu samolotu nad średni poziom morza, a h_{avg} jest to średnie wzniesienie terenu.

Można zatem obliczyć skalę zdjęć w konkretnym punkcie, rozwiązując równanie

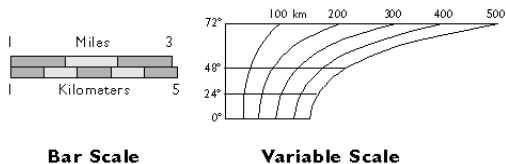
$$Sp = f / (H - h)$$

gdzie f to ogniskowa aparatu, H jest wysokością samolotu nad poziomem morza w danym punkcie, a h jest wzniesienie terenu w danym punkcie.

Podziałki liniowe i złożone

Podziałki

W przeciwieństwie do skali ułamkowej podziałki pozostają prawdziwe nawet, gdy mapa się zmniejszy lub powiększy.



Ze względu na odwzorowanie powierzchni kolistej Ziemi na dwuwymiarowej mapie wiele map ma różną skalę. Są pewne zasady dotyczące stosowanych skali w zależności od typu odwzorowania.

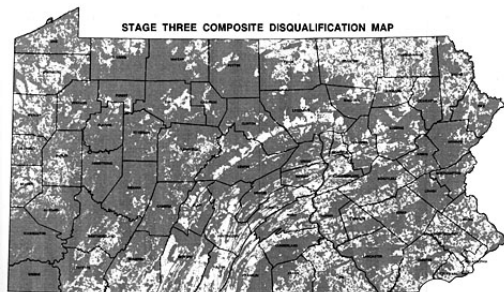
Skala a dokładność

Wraz ze zmniejszaniem skali mapa traci na szczegółowości, znikają elementy małe. Dotyczy to map zarówno drukowanych jak i cyfrowych.

Mała skala może powodować problemy. W 1990 roku firma dostała zlecenie wydzielenia obszaru do składowania odpadów radioaktywnych o wielkości 500 arów. Okazało się że korzystali z map w skali 1:1500000, dlatego, że dało się wydrukować obszar zainteresowania na 1 dużej płaszczyźnie (kartce papieru).

Jakie mogły być konsekwencje?

Skala a dokładność



Szare obszary zostały wyłączone a zawierały mniejsze obszary (500 arów), które spełniały wymagania.

Skalowanie

Skalowanie mapy

to otwarcie jej w innym rozmiarze. Na przykład, jeśli fotograficznie zmniejszyć o 50% swojej pierwotnej szerokości i wysokości mapę w skali 1:100000 wynik byłby jedną czwartą obszaru oryginalnego. Oczywiście, skala mapy po redukcji byłby mniejsza:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{100.000} = \frac{1}{200.000}$$

Ze względu na duży błąd odwzorowania obiektów w małej skali, aby zachować wierność odwzorowania, nie wykonuje się powiększania skali map.

Geoprzestrzenne skale pomiarowe

Skalowanie jest związane w pomiarami Ziemi. Mapa w skali jest odniesiona do rzeczywistych obiektów. Aby zrozumieć skalę należy wiedzieć jak dokonano pomiaru i w ten sposób dochodzimy do tematu układu współrzędnych geograficznych używanych do określania pozycji na sferycznej powierzchni Ziemi.

Plan wykładu

- 1 Skala
- 2 Współrzędne geograficzne
- 3 Transformacje
- 4 Odwzorowania kartograficzne

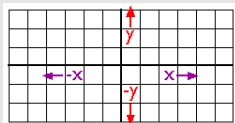
Współrzędne

Współrzędne

to zestaw dwóch lub więcej liczb, które określają położenie punktu, linii lub innych figur geometrycznych, w stosunku do jakiegoś układu odniesienia.

Układ kartezjański

jest to układ współrzędnych — siatka utworzona przez przecięcie w dwóch wymiarach: jeden pomiar poziomy X i jeden pomiar pionowy Y . Punkt, w którym X i Y równe są zero nazywany jest początkiem układu współrzędnych.



Współrzędne geograficzne

Układ współrzędnych geograficznych

został zaprojektowany specjalnie w celu określenia pozycji na kuli. Zamiast dwóch pomiarów liniowych w układzie współrzędnych geograficznych zestawia się dwa łuki nazywane długością i szerokością geograficzną.

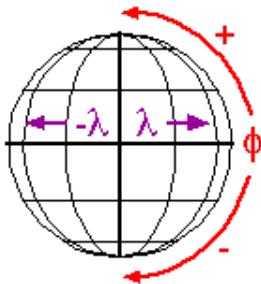
Długość

określa pozycję wschód - zachód jako kąt pomiędzy południkiem 0 i drugim południkiem, który przecina dany punkt. Długość przyjmuje wartości od $+180^\circ$ lub 180° (E) do -180° lub 180° W. Długość geograficzna 180 E i W tworzą międzynarodową linię zmiany daty.

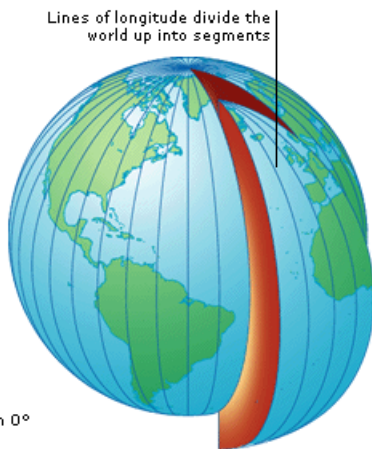
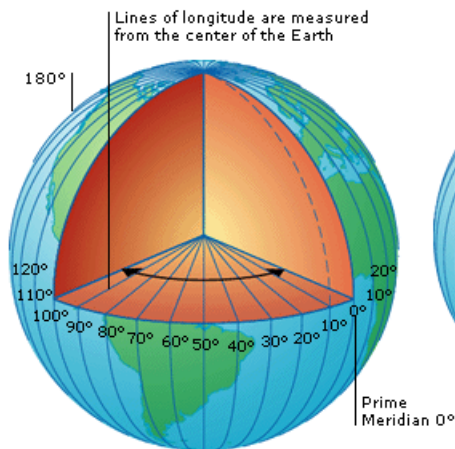
Szerokość

określa pozycje północ - południe jako kąt zawarty pomiędzy dwoma nieistniejącymi liniami jednej, która przecina równik, i drugiej, która przecina dany punkt. Szerokość przyjmuje wartości od $+90^\circ$ lub 90° N na biegunie północnym do -90° lub 90° S na biegunie południowym. Linie szerokości geograficznej są równoległe.

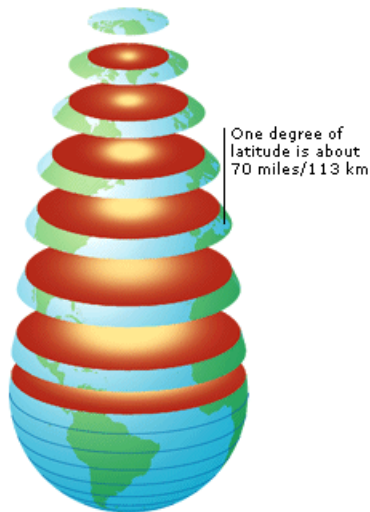
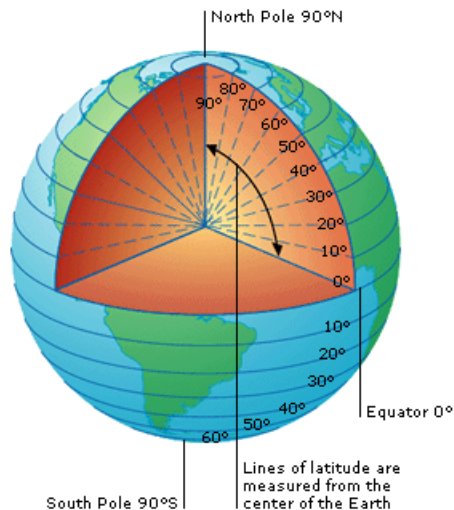
Szerokość i długość geograficzna



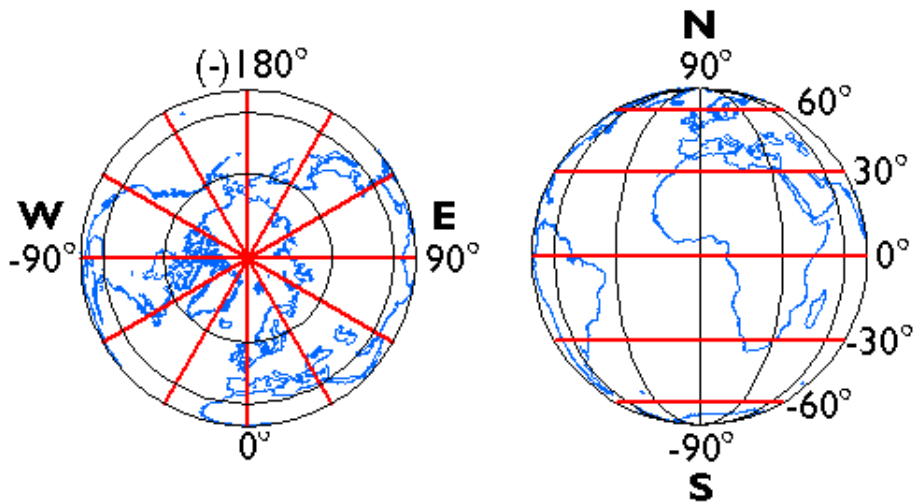
Długość geograficzna



Długość geograficzna



Szerokość i długość geograficzna



Szerokość i długość geograficzna

https://www.e-education.psu.edu/natureofgeoinfo/sites/www.e-education.psu.edu/natureofgeoinfo/files/flash/coord_practice_geo_v22.swf

Formaty współrzędnych geograficznych

Współrzędne geograficzne można wyrazić:

- ① dziesiętne
- ② lub jako stopnie, minuty i sekundy

Znaleziono emergency locator transmitter (ELT), współrzędne: 39 52.5 N i -75 15.5 W. Jeżeli potraktuje się dane

- ① jako współrzędne dziesiętne: 39.525N i -75.155W uzyskamy wskazanie na Vineland, New Jersey.
- ② podane są w formacie stopień/minuty/sekundy wówczas wskazują na Philadelphia International Airport.

Przeliczanie współrzędnych geograficznych

Konwersja -89.40062 z formatu dziesiętnego na stopnie, minuty i sekundy:

- 1 Odejmij liczbę pełnych stopni (89°) od całości (89.40062°). Minus jest używany w notacji dziesiętnej by wskazać, że jest to zachodnia półkula lub południowa półkula.
- 2 Pomnóż pozostałość przez 60 minut ($.40062 \times 60 = 24.0372$)
- 3 Odejmij liczbę pełnych minut ($24'$) z uzyskanego iloczynu.
- 4 Pomnóż pozostałość przez 60 sekund ($.0372 \times 60 = 2.232$)
- 5 Wynik to: $89^\circ 24' 2.2''$ W lub S

Przeliczanie współrzędnych geograficznych

Konwersja 43°4'31" z formatu stopnie, minuty i sekundy na dziesiętny:

$$DD = \textit{Stopnie} + (\textit{Minuty}/60) + (\textit{Sekundy}/3600)$$

- 1 Podziel liczbę sekund przez 60 ($31/60 = 0.5166$)
- 2 Dodaj wynik do pełnych minut ($4 + 0.5166$)
- 3 Podziel wynik z poprzedniego kroku przez 60 ($4.5166 / 60 = 0.0753$)
- 4 Dodaj uzyskany wynik do pełnych stopni ($43 + 0.0753$)
- 5 Wynik to: 43.075°

Dane poziome

Dane geograficzne reprezentują lokalizacje i atrybuty obiektów na powierzchni Ziemi. Położenia są mierzone i zakodowane w postaci współrzędnych geograficznych. Aby zmierzyć i określić dokładne współrzędne, trzeba najpierw określić geometrię samej powierzchni.

Każda pozycja jest określana w stosunku do co najmniej jednej innej pozycji. Np. współrzędne są określane w stosunku do początku układu współrzędnych. Geodeta mierzy położenie nieruchomości w stosunku do wcześniej wyznaczonego punktu kontrolnego. Wysokość można podawać w odniesieniu do poziomu morza.

Odwzorowanie geometryczne poziome

określa związek pomiędzy układem współrzędnych siatki i powierzchni Ziemi. Ponieważ kształt Ziemi jest skomplikowany relacja jest też.

Geodezja

Geodezja

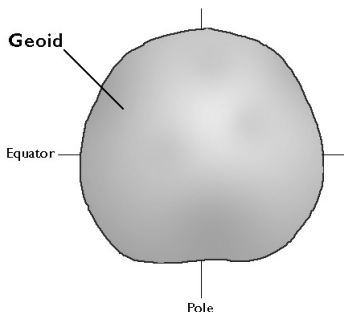
Dokładność współrzędnych pozycji geograficznych zależy od tego, jak siatka współrzędnych systemu jest dopasowana do powierzchni Ziemi. Niestety dla tych, którzy potrzebują dokładnych danych geograficznych, zdefiniowanie kształtu powierzchni Ziemi nie jest trywialne. Jest tak złożonym problemem, że powstała cała nauka do radzenia sobie z nim a mianowicie geodezja.

Geoida

Geodeci definiują powierzchnię Ziemi jako powierzchnię, która zbliżona jest do globalnego średniego poziomu morza. Geoida jest to powierzchnia w każdym miejscu prostopadła do pionu wyznaczonego przez siłę ciężkości. Jest teoretyczną powierzchnią, na której potencjał siły ciężkości Ziemi jest stały, równy potencjałowi siły ciężkości na średnim poziomie mórz otwartych i przedłużoną umownie pod powierzchnią lądów. Ponieważ zawiera ona lustro wody w morzach i oceanach, dodatkowo określana jest jako Geoida Zerowa.

Geoida

Geoidy są nierówne, gdyż grawitacja zmienia się. Na biegunach jest większa i w konsekwencji Ziemia ma trochę spłaszczone bieguny. Przerysowany obraz kształtu Ziemi przedstawia rysunek.



Geoida

Ponieważ 71% powierzchni Ziemi stanowią oceany, najbardziej reprezentatywne przybliżenie figury Ziemi stanowi geoida. Jednak pod ładami przebieg geoidy jest skomplikowany ze względu na bardzo urozmaicony rozkład przestrzenny gęstości, głównie w przypowierzchniowych warstwach skorupy ziemskiej

Przebieg geoidy jest efektem równowagi pewnych sił, jest ona zatem powierzchnią dynamiczną, stale ulegającą pewnym okresowym zmianom. W praktyce korzysta się z modelu geoidy, czyli zbioru liczb będących wartościami wysokości geoidy w węzłach siatki geograficznej.

http:

[//www.isgeoid.polimi.it/Geoid/Europe/Poland/Poland_g.html](http://www.isgeoid.polimi.it/Geoid/Europe/Poland/Poland_g.html)

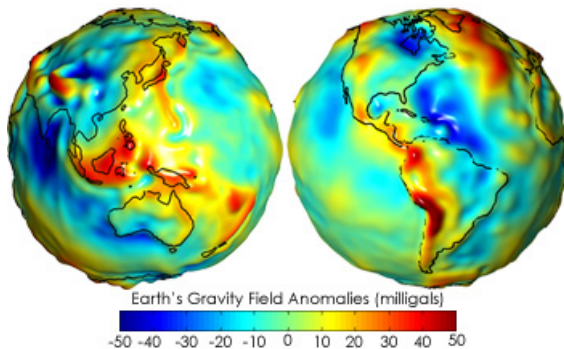
Geoida

Kierunek siły ciężkości jest prostopadły do powierzchni geoidy w każdym jej punkcie. Kształt geoidy jest zbliżony do elipsoidy obrotowej, a maksymalne odchylenia od elipsoidy ziemskiej (GRS'80) są rzędu 100 m (na terenach Polski od 28 do 43 metrów). Wyznacza się ją na podstawie pomiarów astronomiczno-geodezyjnych, satelitarnych (altimetria satelitarna), grawimetrycznych i niwelacyjnych.

Państwowym układem wysokości w Polsce jest układ wysokości normalnych zdefiniowanych w oparciu o quasigeoidę Mołodieńskiego, odniesionych do średniego poziomu Morza Bałtyckiego w Zatoce Fińskiej, wyznaczonego dla mareografu w Kronstademie koło Sankt Petersburga (Federacja Rosyjska).

Przebieg quasigeoidy Mołodieńskiego (quasigeoida przebiega nad geoidą) na obszarach mórz i oceanów pokrywa się z przebiegiem geoidy, na obszarach lądowych (dla Polski) przebieg ten odbiega w granicach 1 - 3 centymetrów dla obszarów położonych do 750 m npm. , dla obszarów położonych wyżej może wynosić od 5-10 centymetrów.

Geoida

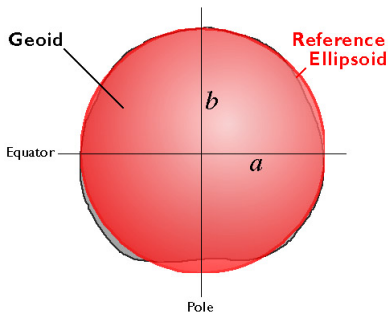


Elipsoida - model przed geoidą

Elipsoida

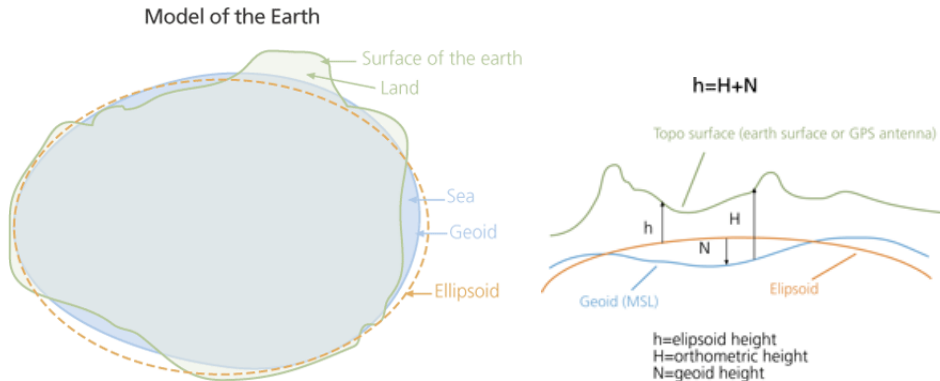
jest trójwymiarową figurą geometryczną, w której oś równikowa a jest nieco dłuższa niż jej oś biegunowa b .

wg światowego Systemu Geodezyjnego z 1984 roku, Ziemia jest około 22 km dłuższa w osi równikowej od osi polarnej.



Elipsoida - zastosowania

Elipsoidy są stosowane jako środek zastępczy geoidy, tak aby uprościć przekształcenia matematyczne w odniesieniu się do systemu współrzędnych siatki z modelu Ziemi. Elipsoidy są dobrym, ale nie doskonałym, przybliżeniem geoidy.



Obowiązująca elipsoida WGS'84

WGS-84 (ang. World Geodetic System '84) – zbiór parametrów (z 1984) określających wielkość i kształt Ziemi oraz właściwości jej potencjału grawitacyjnego. System ten definiuje elipsoidę, która jest generalizacją kształtu geoidy, wykorzystywaną do tworzenia map.

System ten jest wynikiem pewnej niewielkiej modyfikacji systemu GRS-80 (Geodetic Reference System '80), starszego od WGS-84 o 4 lata. Ze względu na fakt, iż parametry elipsoid tych dwóch systemów różnią się o nieistotną wartość ok. 0,1 mm więc w praktyce nazwy elipsoid (tak jak nazwy modeli) przyjmuje się niekiedy wymiennie.

Obowiązująca elipsoida WGS'84

Półoś duża a	Półoś mała b	Odwrotność spłaszczenia (1/f)
6.378.137,0 m	6.356.752,314 245 2 m	298,257 223 563

Elipsoida WGS-84 stała się podstawowym układem odniesienia w systemach nawigacji satelitarnej. Przy używaniu map opartych na innym układzie należy wprowadzać poprawki. Chociaż większość odbiorników nawigacji satelitarnej ma zaprogramowaną możliwość wyświetlania pozycji w innych układach, obecnie trwa proces upowszechniania map opartych o WGS-84.

Geodezyjne punkty odniesienia

Punkt geodezyjny

punkt wchodzący w skład osnowy geodezyjnej, którego położenie na ziemi zostało określone współrzędnymi geodezyjnymi względem przyjętego układu odniesienia. Główną częścią znaku jest centrum trwale oznaczone na powierzchni znaku, określające miejsce położenia punktu. Każdy punkt posiada numer i nazwę ustaloną od nazwy miejscowości, na której obszarze jest położony.



Plan wykładu

- 1 Skala
- 2 Współrzędne geograficzne
- 3 Transformacje**
- 4 Odwzorowania kartograficzne

Transformacje współrzędnych

Specjaliści GIS często muszą przekształcić dane z jednego układu współrzędnych i / lub punkt odniesienia do drugiego. Na przykład, dane cyfrowe utworzone przez śledzenie map papierowych tabletem muszą zostać przekształcone z niegeoreferencyjnej płaszczyzny układu współrzędnych tabletu do georeferencyjnej płaszczyzny układu współrzędnych elipsoidy.

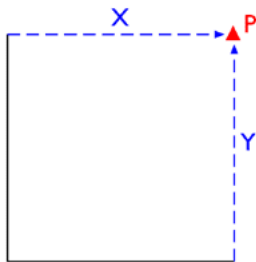
Innym przykładem jest przekształcanie danych satelitarnych ze skanowania, powierzchni Ziemi gdyż są przekrzywione z powodu kształtu orbit i innych czynników.

Nawet dane punktowe wytwarzane przez odbiorniki GPS, które są mierzone jako współrzędne geograficzne oparte na układzie odniesienia WGS84, często muszą być przekształcone do innych układów współrzędnych i układów odniesienia, aby dopasować się do specyfikacji projektu.

Prosta transformacja współrzędnych

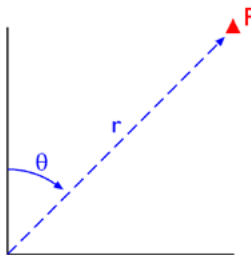
Niektóre transformacje współrzędnych są proste. Na przykład, transformacja z niegeoreferencyjnej płaszczyzny współrzędnych do niegeoreferencyjnych współrzędnych biegunowych wymaga tylko zastąpienia jednego typu współrzędnych innymi.

Cartesian coordinates



$$P = (X, Y)$$

Polar coordinates



$$P = (\theta, r)$$

Kłopoty z transformacją

Niegeoreferencyjne płaszczyzny układów współrzędnych i układów współrzędnych płaszczyzny geograficznych bywają bardzo różne, głównie dlatego georeferencyjne układy współrzędnych są często rzutem.

Rzutowanie niemal kulistej powierzchni na płaszczyznę dwuwymiarową niekoniecznie zniekształca geometrię oryginalnej powierzchni sferycznej.

Dopóki obszar geograficzny nie jest zbyt duży, to opisane przekształcenie może być skuteczne dla niegeoreferencyjnej płaszczyzny siatki współrzędnych systemu dopasowując do georeferencyjnej płaszczyzny siatki współrzędnych systemu z rozsądną i mierzalną dokładnością.

Podobieństwo

Podobieństwo

to przekształcenie przestrzeni metrycznej (X, d) na siebie spełniające dla dowolnych dwóch punktów M, N i pewnej liczby $k > 0$ zależność:

$$d(M', N') = k \cdot d(M, N)$$

gdzie punkty M', N' są obrazami punktów odpowiednio M, N , a d – metryką (odległością) dwóch dowolnych punktów zbioru X .

Układ dwóch zbiorów punktów różni się tylko w skali, obrocie i przesunięciu.

Podobieństwo

Punkty z mapy zdigitalizowanej (before) różnią się od punktów referencyjnych uzyskanych ze zdjęcia lotniczego (after).

https://www.e-education.psu.edu/natureofgeoinfo/sites/www.e-education.psu.edu.natureofgeoinfo/files/media/transforms_sim_oct2011.swf

Transformacja afiniczna

Transformacje afiniczne

przekształcają proste i płaszczyzny na proste i płaszczyzny, zachowując równoległość prostych nie zachowują kątów, zmieniają skalę osi współrzędnych X i Y . Transformacja ta nie jest jednak konforemna i dlatego długości i kąty w układzie współrzędnych przeliczonych mogą ulegać zmianom.

Transformacje wielomianowe afiniczne (ogólne) dają bardzo dobre wyniki przy kalibracji obrazów rastrowych.

Transformacja afiniczna zmienia geometrię sieci, na rzecz minimum odchyłek na punktach dostosowania.

Podobieństwo

Punkty z mapy zdigitalizowanej (before) różnią się od punktów referencyjnych uzyskanych ze zdjęcia lotniczego (after).

https://www.e-education.psu.edu/natureofgeoinfo/sites/www.e-education.psu.edu.natureofgeoinfo/files/media/transforms_aff_oct2011.swf

Transformacja wielomianowa drugiego rzędu

Transformacja wielomianowa drugiego rzędu

Wykorzystywane, gdy zawodzą przekształcenia afiniczne. Ich zaletą jest możliwość korekty zestawów danych, które są zniekształcone na kilka sposobów jednocześnie. Wadą jest to, że stabilność wyników zależy w znacznym stopniu od liczby i rozmieszczenia punktów kontrolnych i stopnia odmienności geometrii obiektu źródłowego i docelowego.

https://www.e-education.psu.edu/natureofgeoinfo/sites/www.e-education.psu.edu.natureofgeoinfo/files/media/transforms_poly_oct2011.swf

Błąd transformacji

Określa jak bardzo punkty po transformacji odpowiadają punktom pomiarowym kontrolnym. Błąd średnio kwadratowy to średnia wartość odległości pomiędzy każdą parą punktów kontrolnych. Co jest zadowalającym błędem zależy od założeń projektu.

http://www.asgeupos.pl/webpg/graph/img/_news/00051/w4k.pdf

http://www.asgeupos.pl/webpg/graph/img/_news/00051/w4p.pdf

Plan wykładu

- 1 Skala
- 2 Współrzędne geograficzne
- 3 Transformacje
- 4 **Odwzorowania kartograficzne**

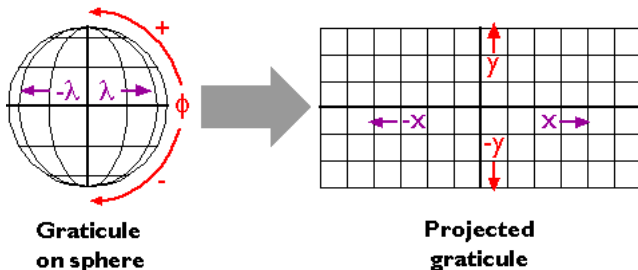
Odwzorowanie kartograficzne

Współrzędne geograficzne określają pozycje w siatce bardziej lub mniej sferycznej nazywanej siatką współrzędnych.

Odwzorowanie kartograficzne (geograficzne)

określony matematycznie sposób dwuwymiarowego i przeskalowanego przedstawiania powierzchni części lub całości kuli ziemskiej lub innego ciała niebieskiego na płaszczyźnie.

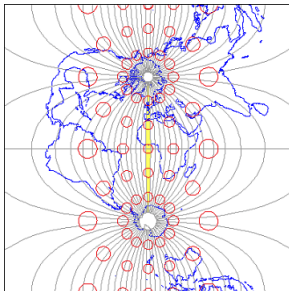
Przykład odwzorowania kartograficznego



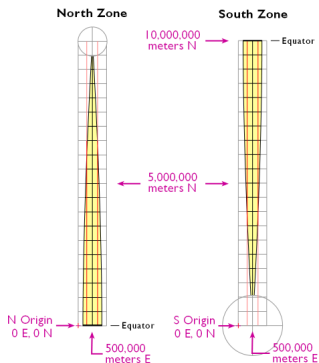
Najprostsze odwzorowanie przedstawiono na rysunku. Przekształca się kulę w siatkę prostokątną, w którym wszystkie linie siatki są proste, przecinają się pod kątem prostym i są równomiernie rozmieszczone. Bardziej złożone odwzorowania mają różne długości, kształty i odstępy między liniami.

Przykład odwzorowania kartograficznego

- 1 Odwzorowanie kartograficzne: rodzaje:
https://pl.wikipedia.org/wiki/Odwzorowanie_kartograficzne
- 2 Odwzorowanie Gaussa-Krügera
https://pl.wikipedia.org/wiki/Odwzorowanie_Gaussa-Krügera
- 3 Odwzorowanie UTM https://pl.wikipedia.org/wiki/Uk\T1\lad_UTM



UTM



https://www.e-education.psu.edu/natureofgeoinfo/sites/www.e-education.psu.edu.natureofgeoinfo/files/flash/coord_practice_utm_v06.swf
<http://projections.mgis.psu.edu>