



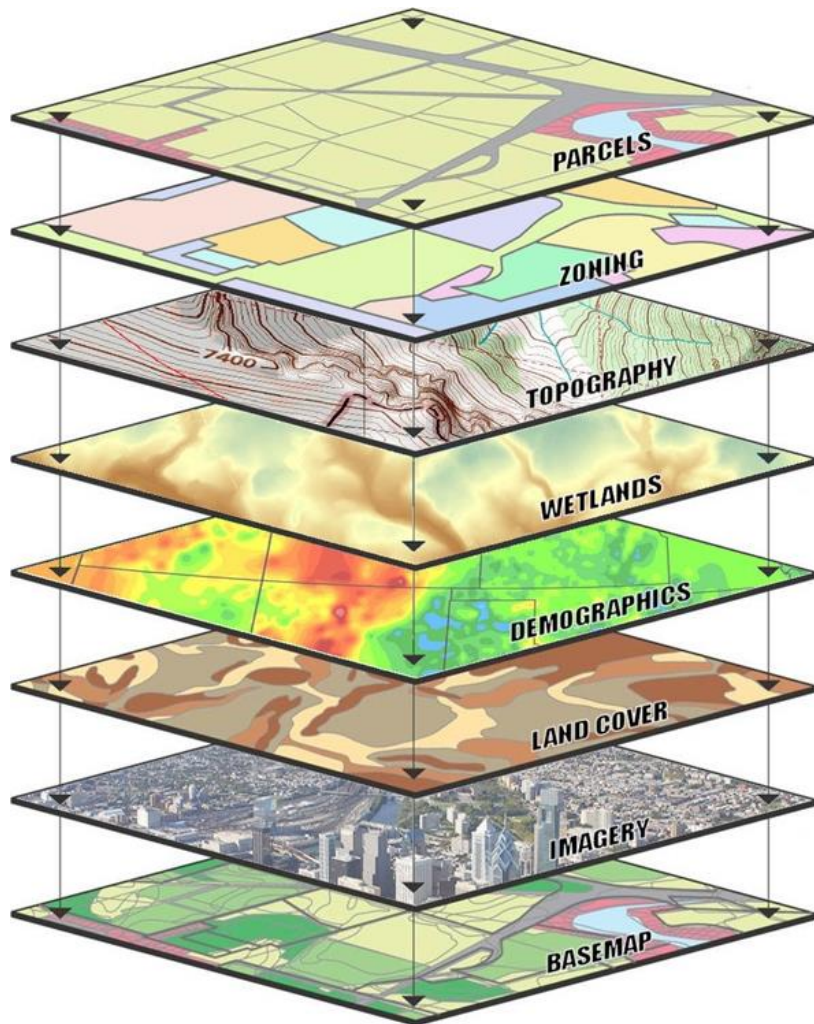
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE
AGH UNIVERSITY OF KRAKOW

Geograficzne Systemy Informacyjne

Modele danych geograficznych

Tomasz Bartuś
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
Katedra Geologii Ogólnej i Geoturystyki

Modele danych przestrzennych



Obiekty świata rzeczywistego, są przedstawiane na mapach cyfrowych z wykorzystaniem modeli danych przestrzennych.

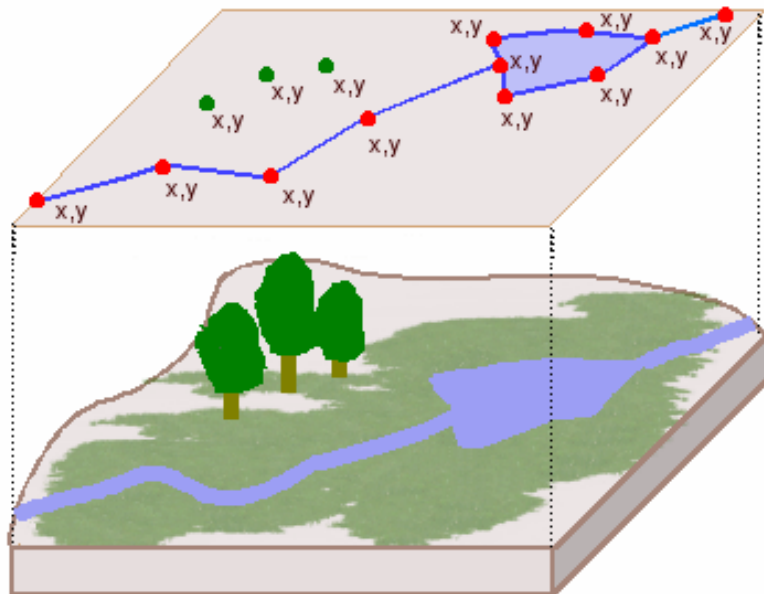
Model danych określa zrozumiały dla komputera format przechowywania abstrakcyjnych obiektów świata rzeczywistego (ob. powierzchniowych, dróg, mostów, etc.).

W GIS istnieją dwa główne modele danych:

- **wektowowy**
- **rastrowy**

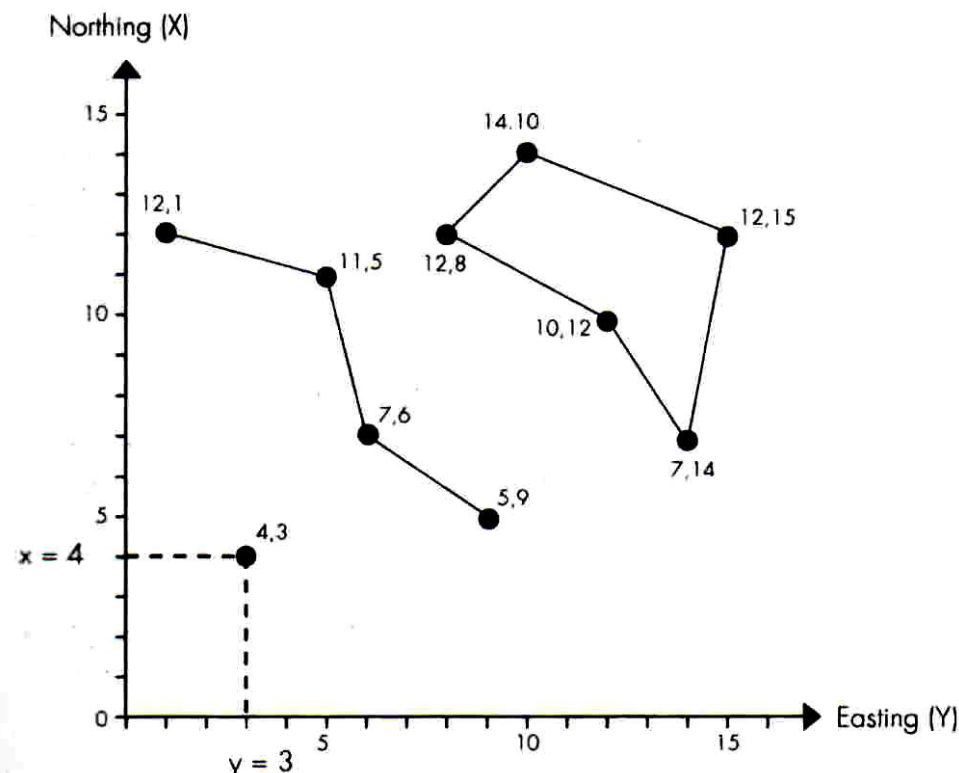
Model wektorowy

Wektorowy model danych jest oparty na założeniu, że powierzchnia Ziemi składa się z pojedynczych obiektów takich jak drzewa, rzeki, jeziora, itp.



Obiekty są reprezentowane jako **punkty**, **linie** i **poligony** z dobrze określonymi granicami. Granice obiektów są zdefiniowane parami współrzędnych **x** i **y**, które odwołują się do lokalizacji w realnym świecie.

Model wektorowy



- **Punkty** są określone przez jedną parę wsp. x, y .
- **Linie** są określone przez dwie lub więcej par wsp. x, y .
- **Poligony** są określone przez linie, które zamykają się tworząc granice wielokątów.

Model wektorowy

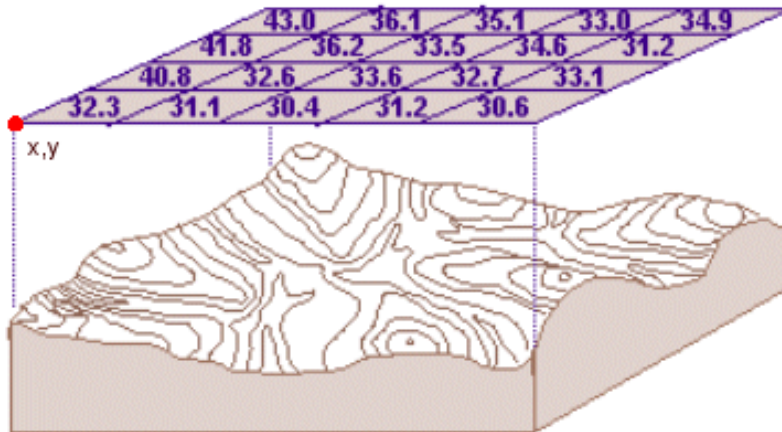
- W modelu danych wektorowych, każdemu obiektowi na mapie jest przypisany unikalny identyfikator numeryczny, który jest przechowywany w rekordzie obiektu w tabeli atrybutów.

Województwo										
	nazwa	ID	Powierzchn	Obwod_km_	Liczba_lud	Mieszkancy	Pow_przybl	Liczba_pow	Liczba_gmi	siedziba_w
▶	zachodniopomorskie	64	22961,12876	849,21718	1729	76	22700	17	114	Szczecin
	pomorskie	132	18487,55001	876,09153	1728	76	22700	15		
	lubuskie	317	14129,68707	743,38495	1019	74	13700	11		
	łódzkie	604	18142,60967	804,72116	2676	149	17900	20		
	mazowieckie	707	35517,93766	1311,02533	5068	142	35000	38		
	warmińsko-mazurskie	812	24166,90835	838,48994	1460	61	23900	17		
	podlaskie	822	20177,47602	762,31891	1224	62	19900	14		
	lubelskie	1086	25183,48635	919,20176	2244	90	25000	20		
	świętokrzyskie	1317	11722,12707	625,56026	1330	117	11400	13		
	małopolskie	1480	15179,06952	765,22539	3204	201	15900	19		
	podkarpackie	1764	17892,4288	804,19952	2117	120	17600	20		
	opolskie	2375	9441,47479	588,17929	1092	119	9200	11		
	kujawsko-pomorskie	2571	18109,36132	782,28103	2098	119	17700	19		
	śląskie	2572	12476,66874	783,44028	4900	405	12100	17		
	wielkopolskie	2574	29920,19906	1203,51864	3345	113	29600	31		
	dolnośląskie	2583	19877,77789	910,5007	2987	152	19600	26		



Model rastrowy

W rastrowym modelu danych, powierzchnia Ziemi jest przedstawiana w postaci siatek komórek podstawowych o jednakowych rozmiarach. Pojedyncza komórka oznacza pewną część powierzchni Ziemi.



Położenie komórek rastra wyrażone jest jedną parą wsp. x, y . Oznacza to, że położenie każdej komórki jest zdefiniowane w stosunku do początku układu współrzędnych.

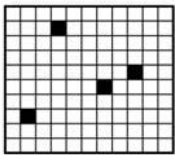

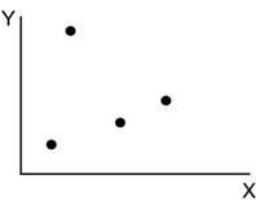
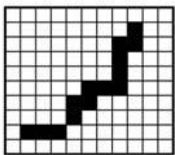

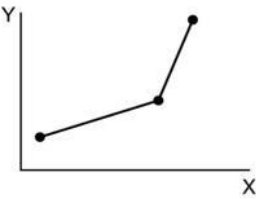
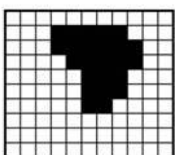

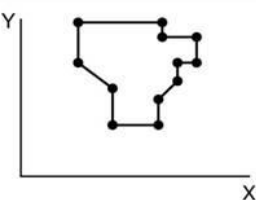
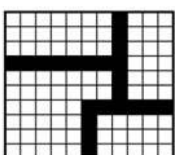
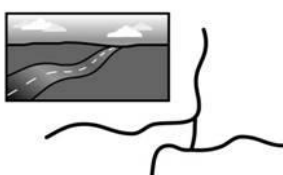
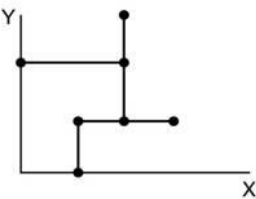
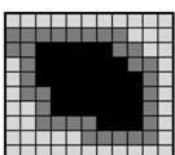

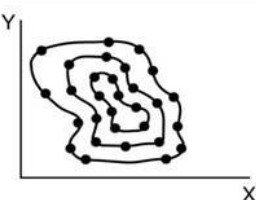
Model rastrowy

Każdej komórce rastra przypisana jest wartość liczbową, która reprezentuje pewien rodzaj informacji geograficznej, np.: rodzaj roślinności, litostratygrafię wysokość m n.p.m. itd.



1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Model rastrowy vs. wektorowy

The raster view of the world	Happy Valley spatial entities	The vector view of the world
	 Points: hotels	
	 Lines: ski lifts	
	 Areas: forest	
	 Network: roads	
	 Surface: elevation	

Który model wybrać?

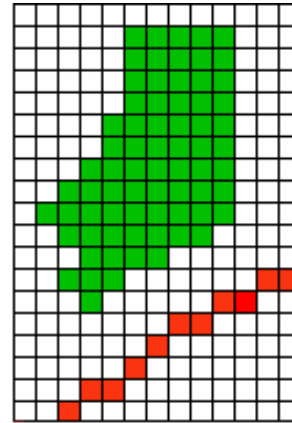
Oba modele danych wektorowych i rastrowych są przydatne do reprezentowania różnych danych geograficznych, ale w konkretnych sytuacjach, użycie jednego z nich może być bardziej odpowiednie niż drugiego.



Real World



Vector



Raster

Modelu danych wektorowych, należy użyć, gdy chcemy reprezentować cechy, które mają granice dyskretne, np. budynki, które łatwo przedstawić za pomocą poligonów.

Który model wybrać?

Model danych rastrowy także może być wykorzystywany do prezentacji danych dyskretnych.

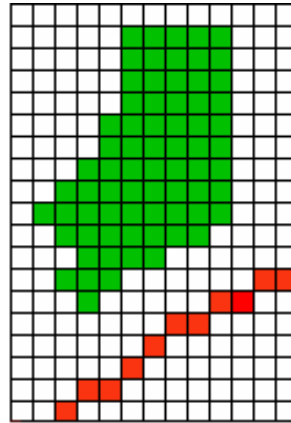
Np. budynek w modelu rastrowym, będzie reprezentowany przez grupę komórek powiązanych ze sobą i o tej samej wartości pewnego atrybutu.



Real World



Vector



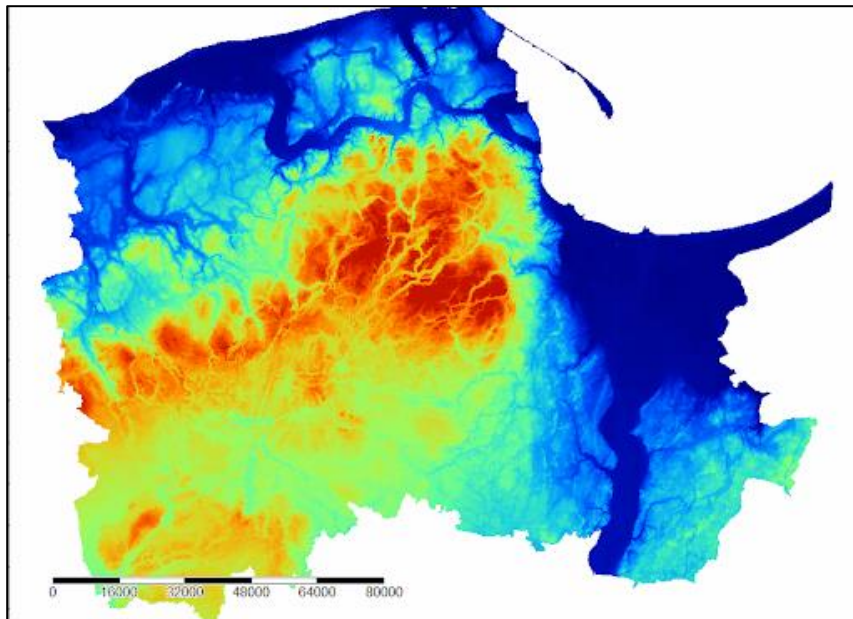
Raster

Reprezentowanie danych dyskretnych w modelu rastrowym wymaga mniej miejsca niż przechowywanie ich w modelu wektorowym, ale jest mniej dokładne.

Który model wybrać?

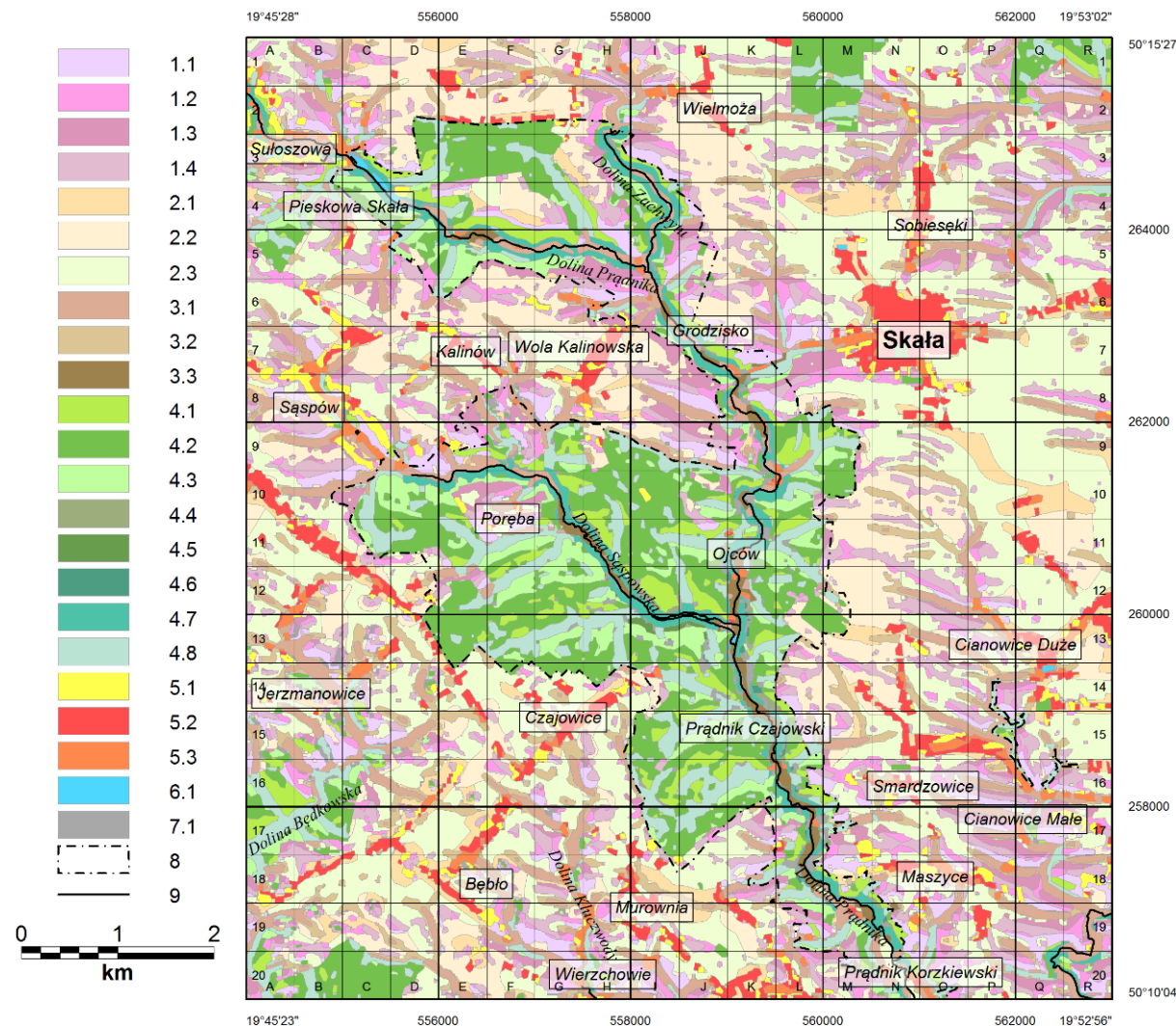
Rastrowy model danych jest bardzo przydatny do reprezentowania danych geograficznych ciągłych,

Np.: wysokość n.p.m., nachylenie zboczy, wielkość opadów, rozkład temperatury.



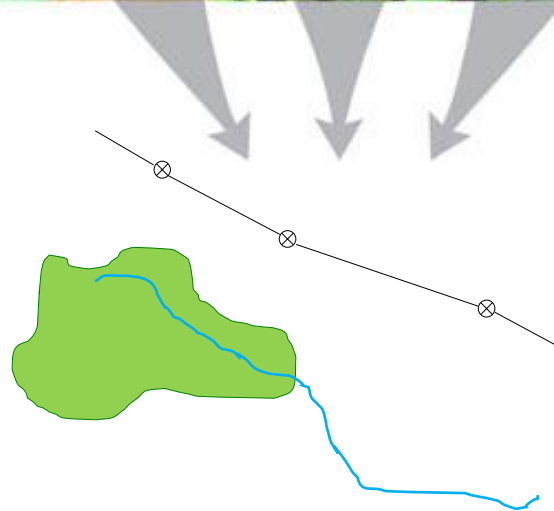
Każda wartość komórki rastra jest miarą (modelem) zjawiska w pewnym obszarze, np. w rastrze wysokość, każdej osobnej komórki odpowiada wysokości na obszarze wyznaczonym jej zasięgiem.

Który model wybrać?



Rastrowy model danych jest powszechnie stosowany w analizach przestrzennych i do modelowania zjawisk.

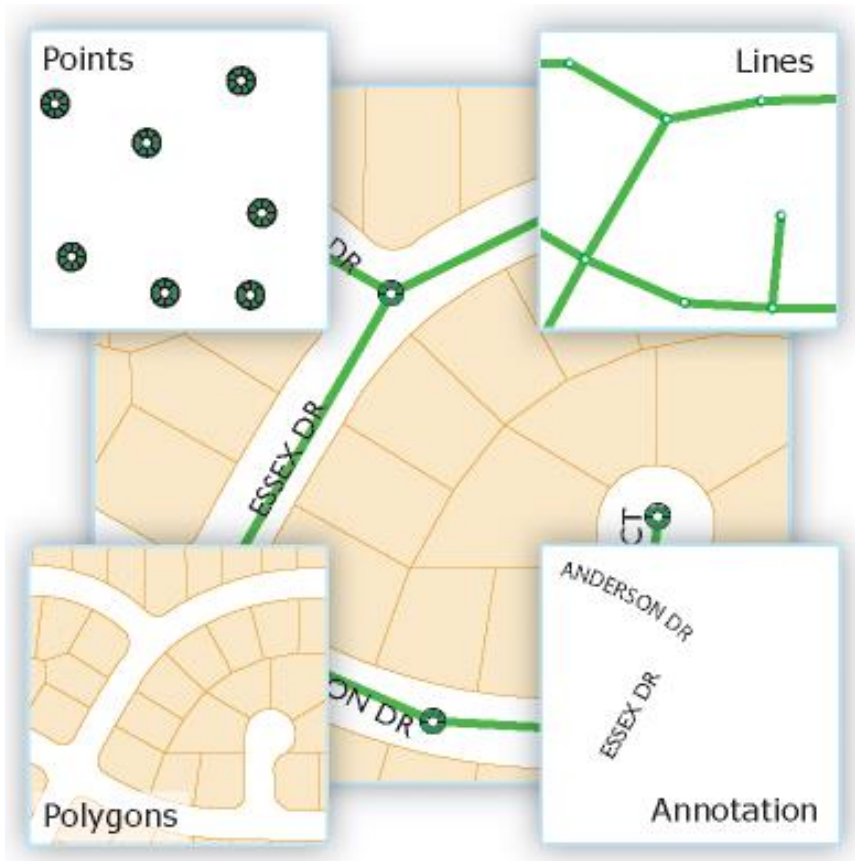
Dane w modelu wektorowym



Podstawową jednostką modelu danych wektorowych jest **obiekt**.

Ponieważ byłoby niepraktyczne zapisywać cyfrowo każdy obiekt z osobna, dane wektorowe wymagają ich organizacji.

Dane w modelu wektorowym



Podstawową jednostką przechowywania informacji o obiektach w modelu wektorowym jest klasa obiektów (*feature class*).

Klasa obiektów jest zbiorem elementów tego samego rodzaju, które mają *ten sam typ geometrii, te same atrybuty* i które znajdują się w obrębie *wspólnej przestrzeni geograficznej*.

Dane w modelu wektorowym

Istnieją dwa najbardziej popularne sposoby gromadzenia wektorowych danych przestrzennych:

1. geobazy (*geodatabase*),
2. pliki `.shp` (*ESRI shapefile*).

Geobazy

Geobazy są podstawowym formatem przechowywania danych w ArcGIS Pro.

Parcels feature class

Shape	ID	PIN	Area	Addr	Code
	1	334-1626-001	7,342	341 Cherry Ct.	SFR
	2	334-1626-002	8,020	343 Cherry Ct.	UND
	3	334-1626-003	10,031	345 Cherry Ct.	SFR
	4	334-1626-004	9,254	347 Cherry Ct.	SFR
	5	334-1626-005	8,856	348 Cherry Ct.	UND
	6	334-1626-006	9,975	346 Cherry Ct.	SFR
	7	334-1626-007	8,230	344 Cherry Ct.	SFR
	8	334-1626-008	8,645	342 Cherry Ct.	SFR

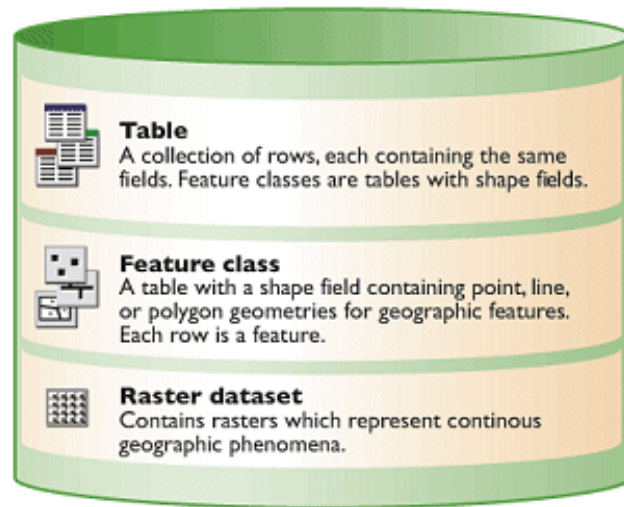
Related
ownership
table

PIN	Owner	Acq.Date	Assessed	TaxStat
334-1626-001	G. Hall	1995/10/20	\$115,500.00	02
334-1626-002	H. L. Holmes	1993/10/06	\$24,375.00	01
334-1626-003	W. Rodgers	1980/09/24	\$175,500.00	02
334-1626-004	J. Williamson	1974/09/20	\$135,750.00	02
334-1626-005	P. Goodman	1966/06/06	\$30,350.00	02
334-1626-006	K. Staley	1942/10/24	\$120,750.00	02
334-1626-007	J. Dormandy	1996/01/27	\$110,650.00	01
334-1626-008	S. Gooley	2000/05/31	\$145,750.00	02

Geobaza to relacyjna baza danych (baza danych składająca się z wielu tabel, które organizują dane przestrzenne i są ze sobą powiązane).

Geobazy

Geobazy, w uproszczeniu można traktować jako pojemnik do przechowywania różnych danych geograficznych.



W geobazie mogą być zapisane:

- zbiory obiektów wektorowych zorganizowanych w klasy (o geom. punktowej, liniowej, poligonowej lub adnotacji) lub zestawy danych,
- zbiory danych rastrowych
- tabele.

Zestawy danych (*feature datasets*)

Klasy obiektów mogą istnieć w geobazach:

- *samodzielne,*
- mogą być zorganizowane w zbiory zwane *zestawami danych (feature datasets)*.

Zestawy danych przechowują klasy obiektów, posiadające *ten sam układ współrzędnych*. Podczas gdy wszystkie obiekty w klasie muszą reprezentować ten sam typ geometrii, zestawy danych mogą przechowywać zbiory danych klas obiektów o różnych typach geometrii.

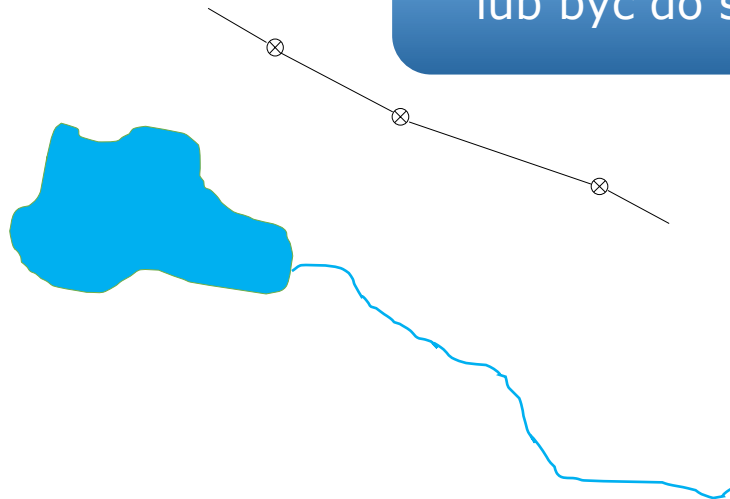
kanalizacja

- rurociągi_L
- studzienki_P
- zawory_P

Zestawy danych (*feature datasets*)

Klasy obiektów zgrupowane w zestawach danych są zazwyczaj w jakiejś relacji przestrzennej do siebie.

Np.: mogą one być ze sobą w sąsiedztwie; przecinać się ze sobą, lub być do siebie zbieżne.



Organizacja danych w tabelach DB

Metadata Geography Table							
	FID	Shape	NAME	ADDRESS	CITY	STATE	ZIPCODE
1	0	Point	HIGHLAND FIRE DEPT...	27215 E BASE LINE	HIGHLAND	CA	92346
2	1	Point	ADELANTO CITY OF FIR...	10370 RANCHO RD	ADELANTO	CA	92301-2275
3	2	Point	ARROWBEAR FIRE DEP...	2365 FIR DR	ARROWBEAR LAKE	CA	92382
4	3	Point	BARSTOW FIRE DIS BUS...	861 BARSTOW RD	BARSTOW	CA	92311-3999
5	4	Point	BARSTOW FIRE DISTRIC...		BARSTOW	CA	92310
6	5	Point	BIG BEAR LAKE FIRE DE...	467 KNICKERBOCKER RD	BIG BEAR LAKE	CA	92315
7	6	Point	C S A 29 FIRE DEPART...		LUCERNE VALLEY	CA	92356
8	7	Point	CHINO FIRE & PARAME...	13251 CENTRAL AVE	CHINO	CA	91710-4128
9	8	Point	CITY OF HESPERIA FIRE...	17288 OLIVE ST	HESPERIA	CA	92345-6012
10	9	Point	COLTON FIRE DEPT BU...	303 E E ST	COLTON	CA	92324-2854
11	10	Point	FIRE CHIEF RESIDENTIA...	17460 ARROW BLVD	FONTANA	CA	92335-3989
12	11	Point	FIRE DEPT BUSINESS		NEEDLES	CA	92363
13	12	Point	FIRE DEPT CALIFORNIA...		UPLAND	CA	91784
14	13	Point	FIRE DEPT CHINO HILL...		CHINO HILLS	CA	91709
15	14	Point	FIRE DEPT EMERGENCY...	STATION NO 51/31250...	RUNNING SPRINGS	CA	92382
16	15	Point	FIRE DEPT EMERGENCY...	32280 GREEN VALLEY...	GREEN VALLEY LAKE	CA	92341
17	16	Point	FIRE DEPT EMERGENCY...	39188 RIM OF THE W...	FAWSKIN	CA	92333
18	17	Point	FIRE DEPT EMERGENCY...		EARP	CA	92242
19	18	Point	FIRE DEPT MONTCLAIR...		MONTCLAIR	CA	91763
20	19	Point	FIRE DEPT MONTE VIST...		ONTARIO	CA	91758
21	20	Point	FIRE DEPT RANCHO CL...		RANCHO CUCAMONGA	CA	91701

Tabele zbiorów danych przechowują informacje o typie geometrii danych oraz atrybutach obiektów.

Organizacja danych w tabelach DB

- Niektóre atrybuty klas obiektów są tworzone automatycznie.
- Dla klas obiektów liniowych, geobaza automatycznie oblicza *długość* każdego obiektu i zapisuje te dane w polu Shape_Length.
- Dla klas o geometrii poligonowej, geobaza oblicza *obwód* i *powierzchnię* każdego obiektu i przechowuje te wartości odpowiednio w polach zwanych Shape_Length i Shape_Area.

	OBJECTID *	Shape *	POP2000	AGE_UNDER5	AGE_5_17	AGE_18_21	AGE_22_29	AGE_30_39	AGE_40_49	AGE_50_64	AGE_65_UP	HOUSEHOLDS	Shape_Length	Shape_Area
1	1	Polygon	47	1	12	1	2	3	8	16	4	15	0,139139	0,000725
2	2	Polygon	7	0	3	0	0	0	3	1	0	2	0,021034	0,000013
3	3	Polygon	4	1	1	0	0	2	0	0	0	1	0,019867	0,000018
4	4	Polygon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0668	0,000039
5	5	Polygon	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,004765	0
6	6	Polygon	30	1	10	1	0	4	7	1	6	7	0,000306	0
7	7	Polygon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,020673	0,000008

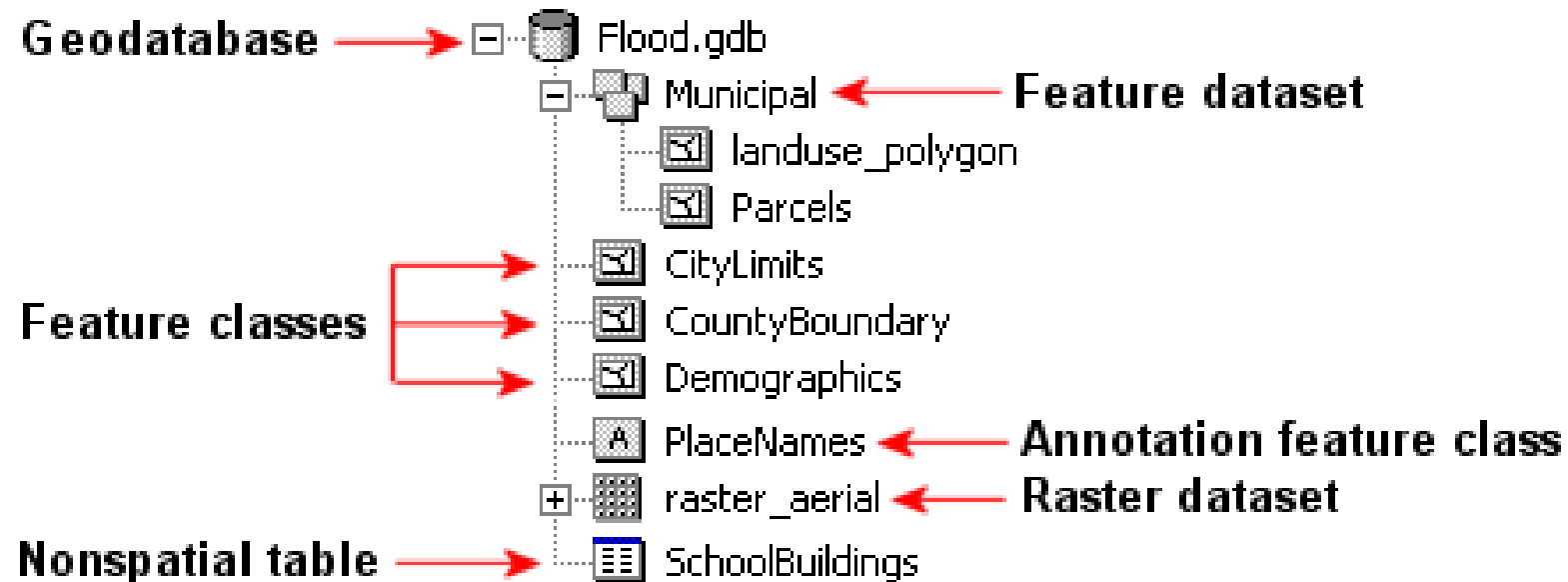
Organizacja danych w tabelach DB



OBJECTID	CFCC	CFCC_DESC	CFCC_ID
1	A00	Road, classification unknown or not elsewhere	1
2	A01	Road, undivided	2
3	A02	Road, undivided, in tunnel	3
4	A03	Road, undivided, underpassing	4
5	A04	Road, undivided, rail line in center	5
6	A05	Road, divided	6
7	A06	Road, divided, in tunnel	7
8	A07	Road, divided, underpassing	8
9	A08	Road, divided, rail line in center	9
10	A10	Primary road, interstate highway and limited ac	10

Czasami, dla wydajności bazy danych (w celu przyspieszenia zapytań o dane i wyświetlania warstw), atrybuty obiektów mogą być przechowywane na zewnątrz tabel klas obiektów, w oddzielnej tabeli. Tabele geobaz zawierające wyłącznie atrybuty bez geometrii obiektów zwane są **tabelami nieprzestrzennymi** (*nonspatial tables*).

Organizacja danych w geobazach



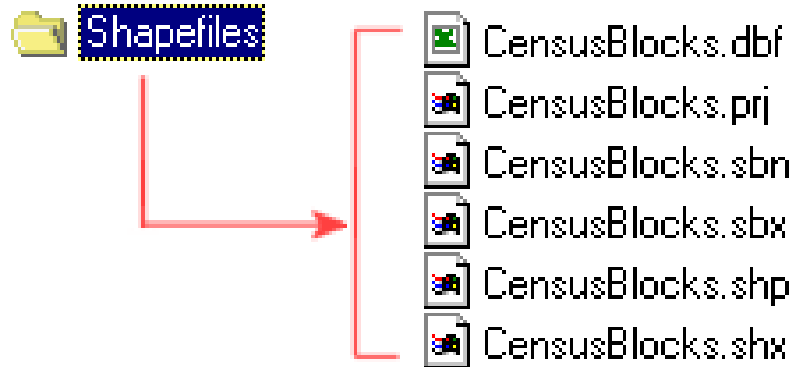
Pliki ESRI Shapefile (.shp)



Pliki .shp to wspólny format danych oparty na plikach, powszechnie wykorzystywany w oprogramowaniu GIS.

- ESRI Shapefile** jest standardem plikowym przechowującym dane o obiektach jednej klasy, które mają:
- ten sam typ geometrii (punkty, linie lub poligony),
 - te same atrybuty,
 - wspólny zakres przestrzenny.

Pliki ESRI Shapefile (*.shp)



W ArcGIS Pro widać tylko plik z rozszerzeniem `.shp`, ale wszystkie pliki związane z Shapefile można przeglądać menedżerze plików (np.: Windows Explorer).

Do zarządzania plikami `.shp` zawsze należy używać panelu *Catalog*, który ma dostęp do wszystkich plików związanych z danym plikiem `.shp`.

Rastry

Istnieją dwa popularne formaty danych rastrowych:

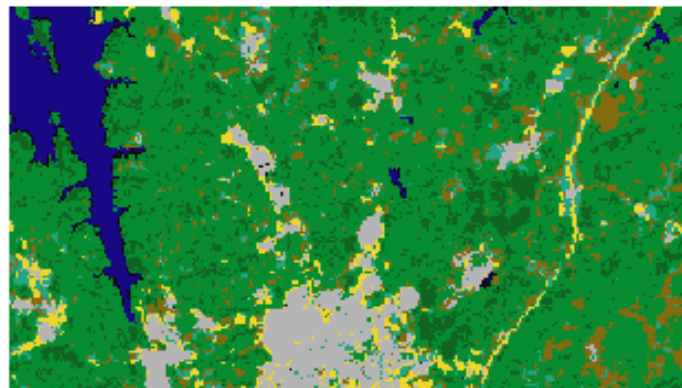
- gridy (*ESRI Grids*),
- obrazy (*imagery*).

ESRI Grids

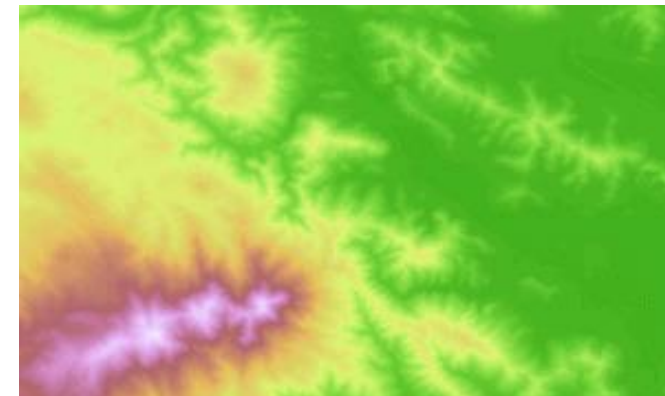
ESRI Grids jest formatem danych rastrowych używanym do przechowywania danych:

- **dyskretnych** (zabudowa, drogi, działki budowlane),
- **ciągłych** (wysokość n.p.m., nachylenie stoków, rozkład średnich temperatur, ilość opadów).

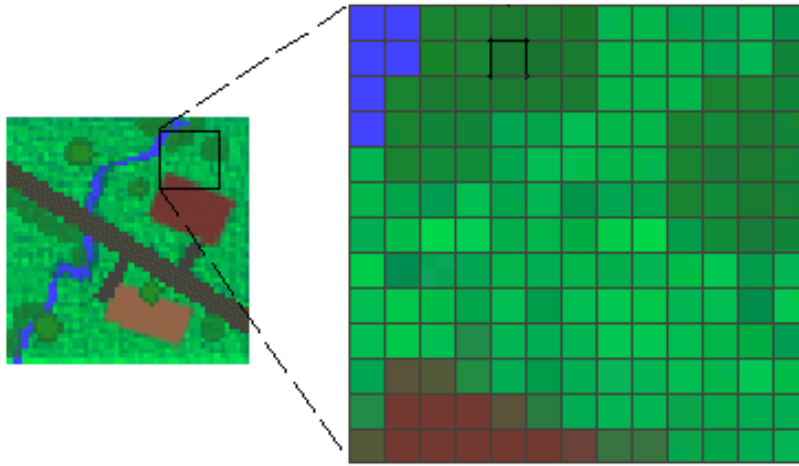
mapa tematyczna



mapa powierzchniowa

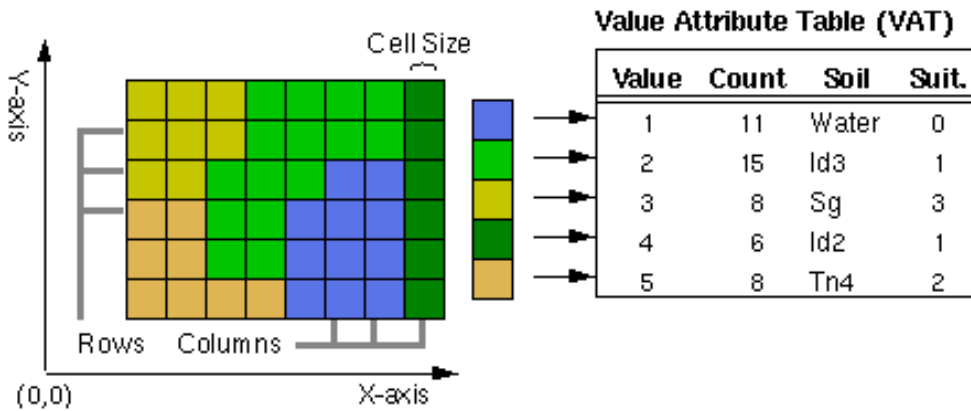


ESRI Grids



Podstawową jednostką modelu danych rastrowych jest komórka. Komórki przechowują informacje o zjawiskach w określonym miejscu na powierzchni Ziemi.

ESRI Grids

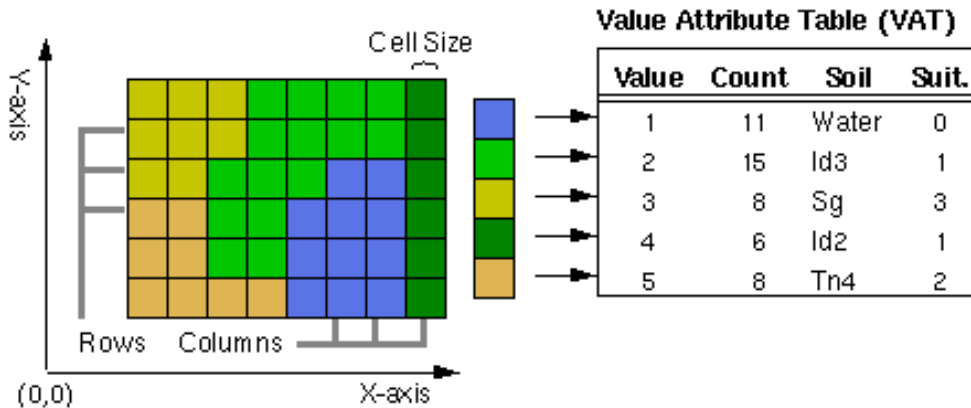


W zależności od rodzaju przechowywanych danych, wartości komórek mogą być liczbami całkowitymi lub rzeczywistymi.

Istnieją dwa rodzaje gridów ESRI - przechowujące wartości:

- całkowite (-2147483648 do 2147483647)
- zmiennoprzecinkowe (-3.4^{38} do 3.4^{38})

ESRI Grids

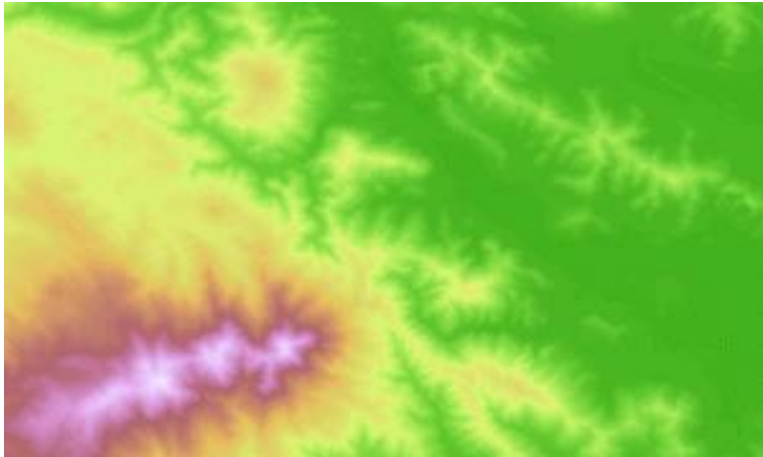


Siatki grid których wartości są liczbami całkowitymi, najczęściej kodują numer odpowiedniej kategorii. Komórki mogą mieć taką samą wartość.

Np.: w siatce użytkowania ziemi, każdy rodzaj użytkowania gruntów jest kodowany inną liczbą całkowitą.

Dyskretne siatki grid posiadają tabelę atrybutów, która przechowuje wartości komórek i związane z nimi atrybuty.

ESRI Grids

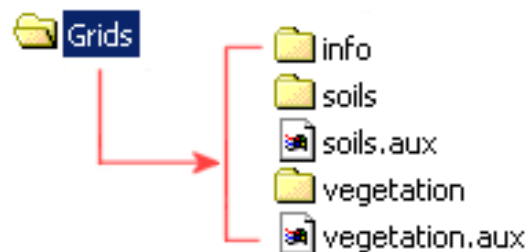


Ciągłe siatki grid są używane do reprezentowania zjawisk ciągłych; komórki mają wartości zmiennoprzecinkowe. Każda komórka w gridach ciągłych może mieć inną wartość zmiennoprzecinkową.

Np.: w siatce grid reprezentującej wysokość w m n.p.m., jedna komórka może przechowywać wartość 532.3 [m], podczas gdy sąsiednia komórka może przechowywać wartość 532.1 [m].

W przeciwieństwie do gridów dyskretnych, gridy ciągłe nie mają tabeli atrybutów.

ESRI Grids



Tabele atrybutów gridów dyskretnych są w formacie INFO.

Tabele atrybutów gridów dyskretnych są przechowywane w folderze `\info`, który jest przechowywany na tym samym poziomie, co sam sam grid, w folderze roboczym.

Istnieje jeden folder `\info` dla wszystkich gridów.

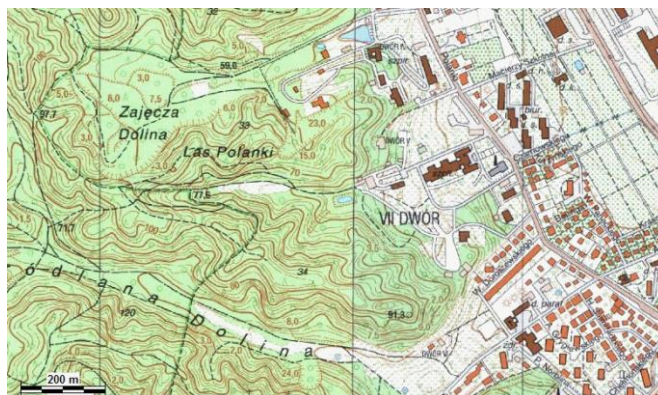
Aby uniknąć uszkodzenia lub utracenia połączenie pomiędzy plikami grid i folderem `\info`, do przenoszenia, kopiowania, zmiany nazwy i usuwania siatek zawsze używamy Catalog.

Obrazy (*imagery*)

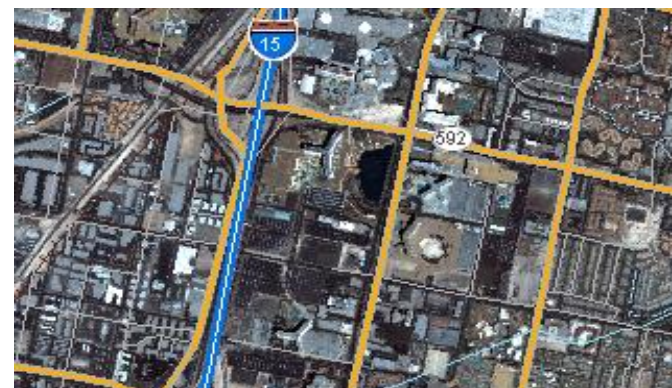
Obrazy (*imagery*) to wspólne określenie dla rastrów, których komórki lub piksele przechowują wartości jasności widzialnego światła odbitego lub innych rodzajów promieniowania elektromagnetycznego, takich jak emitowane ciepło (podczerwień) lub ultrafiolet (UV).

Np.: zdjęcia lotnicze, satelitarne, zeskanowane mapy papierowe.

skan



ortofotomapa

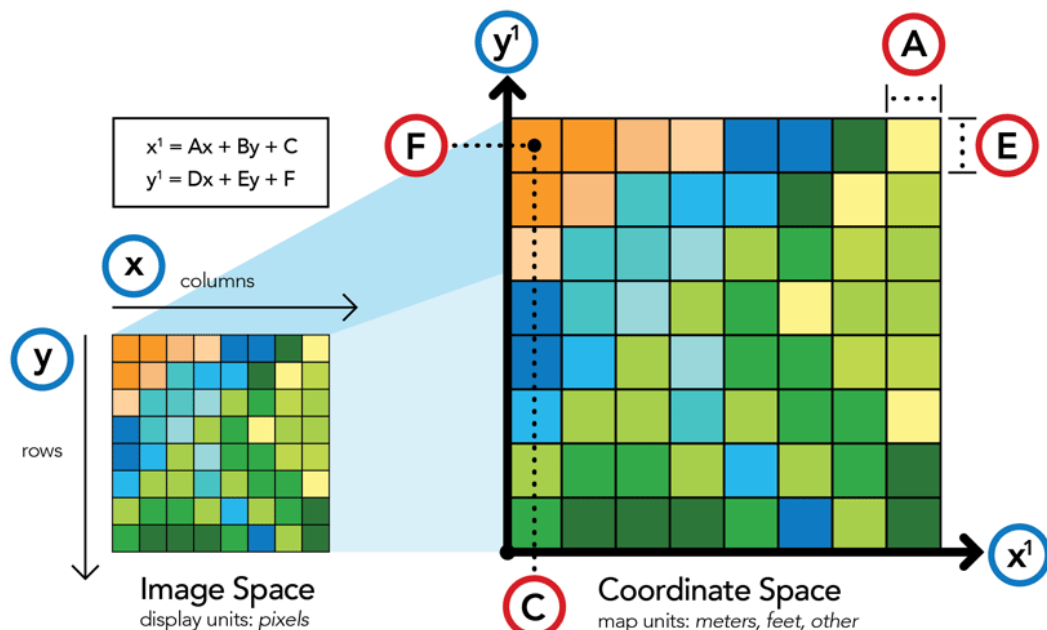


Obrazy (*imagery*)

Obrazy mogą być wyświetlane jako warstwy w mapie lub mogą być stosowane jako specyficzne wartości atrybutów danych wektorowych.

Np.: baza danych biura handlu nieruchomości, jako atrybut warstwy nieruchomości, może zawierać zdjęcia dostępnych budynków.

Obrazy (*imagery*)



x is the column count in image space.
 y is the row count in image space.
 x' is the horizontal value in coordinate space.
 y' is the vertical value in coordinate space.

A is the width of the cell in map units.
 B is a rotation term.
 C is the x' value of the center of the upper-left cell.
 D is a rotation term.
 E is the negative height of the cell in map units.
 F is the y' value of the center of the upper-left cell.

Obrazy, tak jak inne dane geograficzne, muszą być odniesione do realnie istniejących miejsc.

Np.: zdjęcie lotnicze, fotografia domu, są tylko statycznymi obrazami. Brak im informacji gdzie zostały zrobione. Zdjęcia zawierają też liczne zniekształcenia skali.

Aby zdjęcie, wraz z innymi warstwami mapy, mogło zostać poprawnie wyświetlone, należy przypisać mu układ współrzędnych (**georeferencję**). Proces przypisywania georeferencji nazywamy **rektyfikacją**.

Obrazy (*imagery*)

ArcGIS Pro obsługuje wiele formatów danych rastrowych, które różnią się typem zastosowanej kompresji.

Najważniejsze z obsługiwanych formatów to:

- .tif (Tagged Image File Format),
- .SID (LizardTech MrSID)
- .jpg (Joint Photographic Experts Group).