

# Carte tematiche

Paolo Zatelli

Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale

Università di Trento

# Outline

- 1 Cartografia tematica
- 2 Dati, primitive e rappresentazione
  - Dati
  - Rappresentazione
  - Punti, linee ed aree
- 3 Classificazione degli attributi
  - Natural breaks - Intervalli uguali - Standard deviation
  - Quantili - Aree uguali - Progressioni
  - Classi definite dall'utente

# Carte tematiche

## A cosa servono

La carte tematiche servono a visualizzare un “tematismo” dei dati, cioè visualizzazione di un particolare attributo di primitive geometriche (punti, linee e aree).

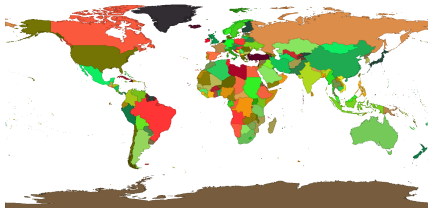
Per creare mappe tematiche si usano:

- grafica** per scegliere i tipi di linee ed i colori per rendere un attributo
- simboli** per indicare un attributo
- statistica** per scegliere le classi in cui raggruppare i valori che assume l'attributo

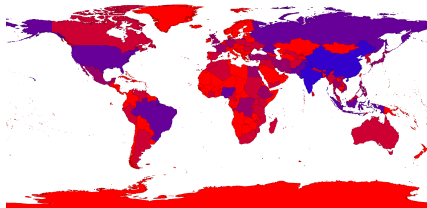
# Carte tematiche

## Esempio

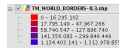
Una carta tematica serve a evidenziare la distribuzione di un attributo. L'esempio qui sotto rappresenta la distribuzione della popolazione mondiale.



Stati



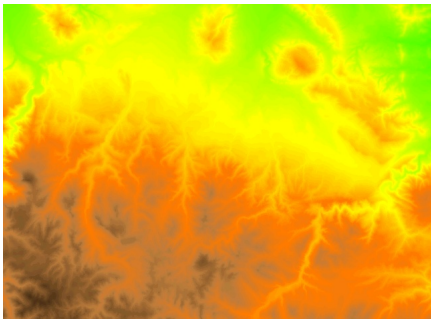
Stati classificati per popolazione (n. abitanti)



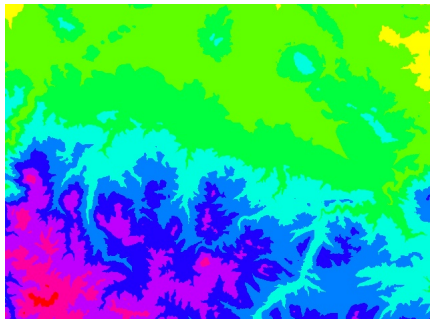
# Vettoriali e raster

## Entità o campi

Di solito si parla di mappe tematiche riferendosi a vettoriali, ma anche per mappe raster si può modificare la *color table* oppure riclassificare.



DTM della contea di Spearfish



DTM riclassificato in 9 fasce di 100m

# Outline

## 1 Cartografia tematica

## 2 Dati, primitive e rappresentazione

### ■ Dati

### ■ Rappresentazione

### ■ Punti, linee ed aree

## 3 Classificazione degli attributi

### ■ Natural breaks - Intervalli uguali - Standard deviation

### ■ Quantili - Aree uguali - Progressioni

### ■ Classi definite dall'utente

# Dati di partenza

## Cosa serve per creare una mappa tematica

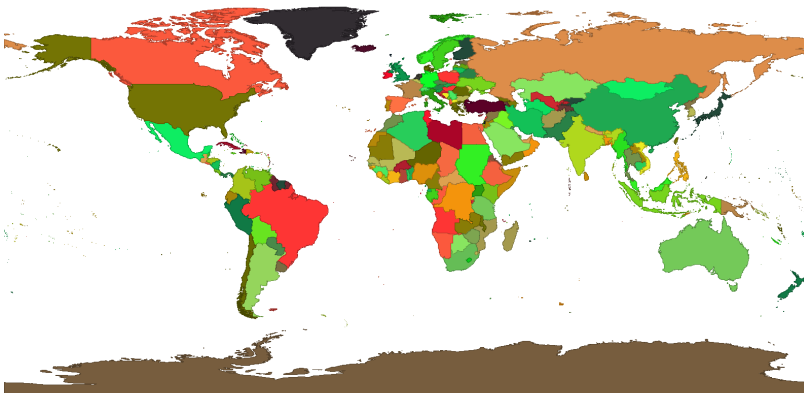
Per creare una mappa tematica servono:

- 1 geometria (primitive: punti, linee e/o aree)
- 2 attributi che si vogliono rendere sulla mappa (ovviamente collegati)

Nel modello vettoriale un attributo corrisponde ad una colonna della tabella associata alle primitive geometriche (punti, linee e aree).

# Dati di partenza

## Geometria



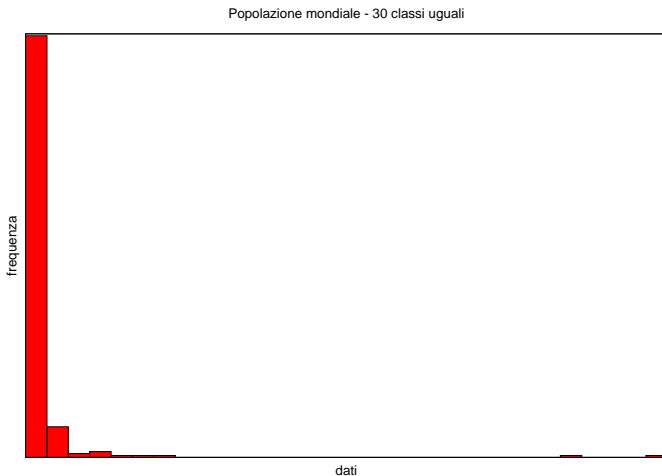


# Dati di partenza

## Attributi

FIPS	ISO2	ISO3	UN	NAME	AREA	POP2005	REGION	SUBREGION
AC	AG	ATG	28	Antigua and Barbuda	44	83039	19	29
AG	DZ	DZA	12	Algeria	238174	32854159	2	15
AJ	AZ	AZE	31	Azerbaijan	8260	8352021	142	145
AL	AL	ALB	8	Albania	2740	3153731	150	39
AM	AM	ARM	51	Armenia	2820	3017661	142	145
AO	AO	AGO	24	Angola	124670	16095214	2	17
AQ	AS	ASM	16	American Samoa	20	64051	9	61
AR	AR	ARG	32	Argentina	273669	38747148	19	5
AS	AU	AUS	36	Australia	768230	20310208	9	53
BA	BH	BHR	48	Bahrain	71	724788	142	145
BB	BB	BRB	52	Barbados	43	291933	19	29
BD	BM	BMU	60	Bermuda	5	64174	19	21
BF	BS	BHS	44	Bahamas	1001	323295	19	29
BG	BD	BGD	50	Bangladesh	13017	15328112	142	34
BH	BZ	BLZ	84	Belize	2281	275546	19	13
..	..	..	..	..	..	..	..	..

# Distribuzione della popolazione (n.abitanti)



# Outline

## 1 Cartografia tematica

## 2 Dati, primitive e rappresentazione

- Dati

- **Rappresentazione**

- Punti, linee ed aree

## 3 Classificazione degli attributi

- Natural breaks - Intervalli uguali - Standard deviation

- Quantili - Aree uguali - Progressioni

- Classi definite dall'utente

# Rappresentazione di un tematismo vettoriale

## Distribuzione dei dati

La rappresentazione di un tematismo dipende in modo sostanziale dal *tipo* e dalla *distribuzione* dell'attributo che si vuole rappresentare.

Esempi:

- l'attributo è qualitativo (tipo di suolo) o quantitativo (ph del suolo)?
- la distribuzione è uniforme o ci sono valori con frequenza diversa?

# Tipi di primitive vettoriali e tematismi

Come il valore dell'attributo è reso sulla carta

In ambito GIS si usano tre tipi di primitive vettoriali, punti, linee ed aree, che sono rese con:

## punti

- simboli
- colori
- dimensioni

## linee

- tratteggio
- colori
- spessori

## aree

- simboli
- colori
- retinatura

Per le aree un punto interno (es. centroide) può essere utilizzato per rappresentare un attributo dell'area.

# Tipi di attributi - I

per la realizzazione di carte tematiche

La rappresentazione degli attributi dipende dalle loro caratteristiche:

## 1 Qualitativi

**nominale o a categorie** i gruppi hanno nomi (“etichette”) ma non valori (es. uso del suolo, appartenenza amministrativa, ecc.)

**fuzzy sets** come un attributo *nominale*, ma l'appartenenza ad una categoria è data con un “grado di appartenenza”

# Tipi di attributi - II

## per la realizzazione di carte tematiche

### 2 Quantitativi

**ordinale** le grandezze non hanno significato numerico, ma è possibile ordinarle e quindi attribuire loro un numero. Si usa di solito per categorie che esprimono un giudizio (es. bosco in condizioni “buone”, “abbastanza buone”, ..., “pessime”). In generale operazioni aritmetiche non hanno senso, operazioni logiche sì (es. riclassificazione).

**intervallo** gli attributi sono numerici e distribuiti su un intervallo, ma l'origine e l'intervallo sono arbitrari (es. anni: calendari diversi usano per l'“anno zero” anni diversi). Alcune operazioni aritmetiche hanno senso (es. differenza di anni), altre no (es. rapporto fra date).

# Tipi di attributi - III

per la realizzazione di carte tematiche

- rapporto** gli attributi sono quantitativi, l'origine non è arbitraria ma l'intervallo sì (es. età, valore dei terreni). Sono possibili operazioni aritmetiche.
- conteggio** simile al rapporto, ma le unità di misura *non* sono arbitrarie e quindi non è sempre possibile riscalarne l'intervallo (es. abitanti in un'area, numero di comuni in una provincia).



# Scelta di colori e retini

## Criteri generali

Alcune regole generali:

- è fondamentale come si classificano gli attributi
- è importante scegliere colori adatti (di cui esiste una ampia letteratura) anche per aiutare le persone daltoniche
- si devono usare gradazioni di colori e retini in modo intuitivo:
  - colori chiari per valori più bassi e scuri per valori più alti
  - retini più densi per valori più alti
- si usano linee continue per confini certi e tratteggiate per confini incerti

# Outline

## 1 Cartografia tematica

## 2 Dati, primitive e rappresentazione

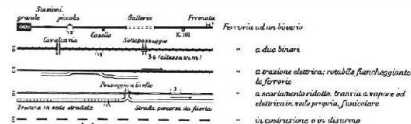
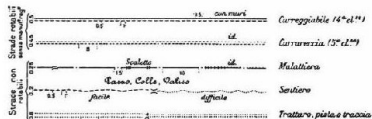
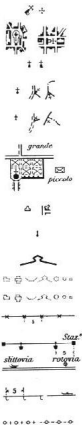
- Dati
- Rappresentazione
- **Punti, linee ed aree**

## 3 Classificazione degli attributi

- Natural breaks - Intervalli uguali - Standard deviation
- Quantili - Aree uguali - Progressioni
- Classi definite dall'utente

# Punti e linee

## simboli IGMI



IGMI: punti - edifici di culto

IGMI: linee - strade e ferrovie

# Aree - I

## Tipi di mappe tematiche

Per le aree, i tipi di carta più usati sono:

**carte categoriali** (“area class”) i confini delle aree sono basati su un attributo, perchè tutte le aree cui corrisponde lo stesso valore sono rappresentate nello stesso modo (es. uso del suolo, provincia di appartenenza di comuni).

**coroplete** i confini sono dati a priori quando si raccolgono/elaborano i dati (es. popolazione degli stati).

**densità di punti** il numero di punti (disposti in maniera casuale all'interno dell'area per simulare una densità) rappresenta il valore dell'attributo.

**simboli proporzionali** si usano simboli (in genere posizionati nel centroide) proporzionali all'attributo da rappresentare (cfr. linee e punti).

# Aree - II

## Tipi di mappe tematiche

---

**carte a isolinee** si usano per rappresentare campi scalari (es. isoipse, isobare).

**rappesentazioni 3D** possono essere usate per rappresentare con una “altezza” una attributo, sia continuo che discreto.

# Carte categoriali - I

“area class”

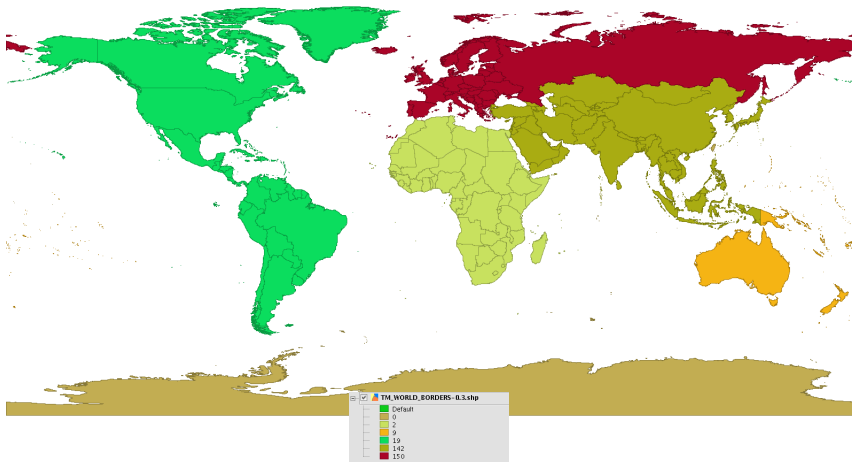
Tutte le aree con lo stesso attributo sono rappresentate allo stesso modo: di fatto i confini cambiano in funzione dell'attributo.

Se possibile si usano colori o retini che richiamano il fenomeno mappato (es. verde -> terreno agricolo, blu -> idrografia, ecc.).

Questo tipo di mappa può essere usata per valutare la dispersione/concentrazione di fenomeni (es. uso del suolo uguale in luoghi diversi).

# Carte categoriali - II

“area class”



Stati raggruppati per *region* (continente)

## Carte a densità di punti - I

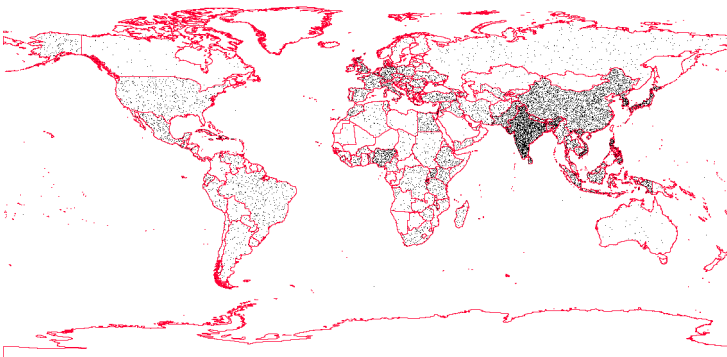
Un punto rappresenta una unità (o multiplo) del valore dell'attributo (es. 1 aeroporto, 100000 abitanti).

I punti sono disegnati in ogni area con posizione casuale, in modo da simulare una densità.

Non c'è bisogno di dividere l'attributo in classi.



# Carte a densità di punti - II



Popolazione mondiale nel 2005 - 1 punto = 500 000 abitanti

## Carte a simboli proporzionali - I

La dimensione di un simbolo indica il valore di un attributo.

Si usano simboli con forma semplice (cerchi, quadrati e triangoli) la cui superficie è scalata in funzione del valore di un attributo.

Si possono usare simboli 3D per rappresentare più di un attributo alla volta, ma sono meno leggibili.

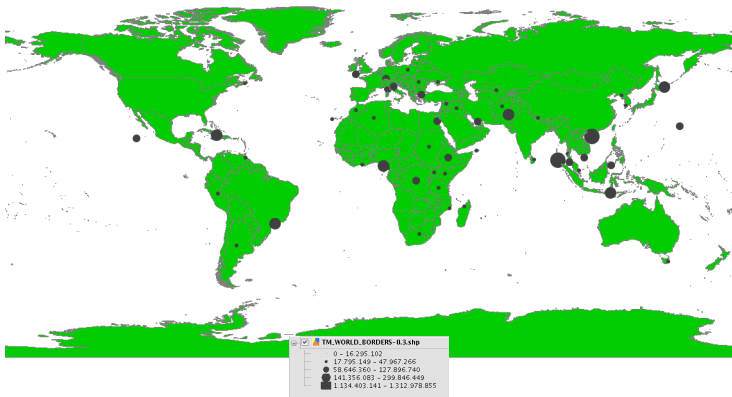
## Carte a simboli proporzionali - II

La percezione della superficie da parte del lettore porta normalmente ad una sottostima delle superfici, che influenza ovviamente maggiormente le aree maggiori.

Le possibili soluzioni sono:

- usare il metodo della scala apparente, in cui le aree dei simboli aumentano più velocemente della proporzione dirette (per i cerchi si usa una esponenziale, circa  $r^{1.14}$  al posto di  $r$ )
- usare simboli con aree graduate (non valori continui)
- ottimizzare la legenda per rimuovere questo effetto

# Carte a simboli proporzionali - III



Popolazione mondiale nel 2005

# Carte a isolinee - I

## per rappresentare campi scalari

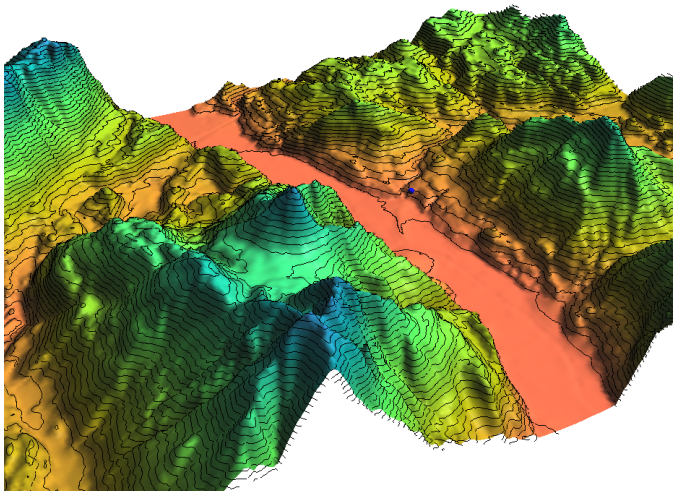
La distribuzione di un attributo è data rappresentando linee che congiungono punti con lo stesso valore.

Di solito sono date linee a passo costante *dell'attributo* (es. una curva di livello ogni 10 metri), in questo modo si crea l'illusione della terza dimensione.

La densità delle curve deve tenere conto della precisione dei valori dell'attributo (es. curve di livello su mappe a scala diversa -> passo diverso).

# Carte a isolinee - II

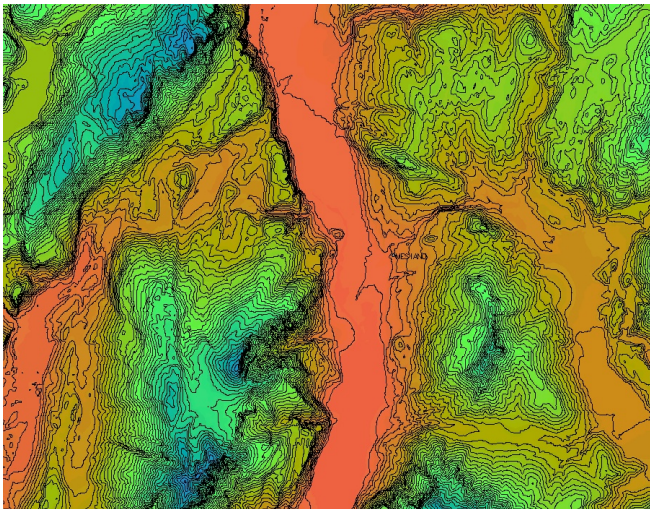
per rappresentare campi scalari



Curve di livello 3D - Trento

# Carte a isolinee - III

per rappresentare campi scalari



Curve di livello - Trento

# Rappresentazioni 3D - I

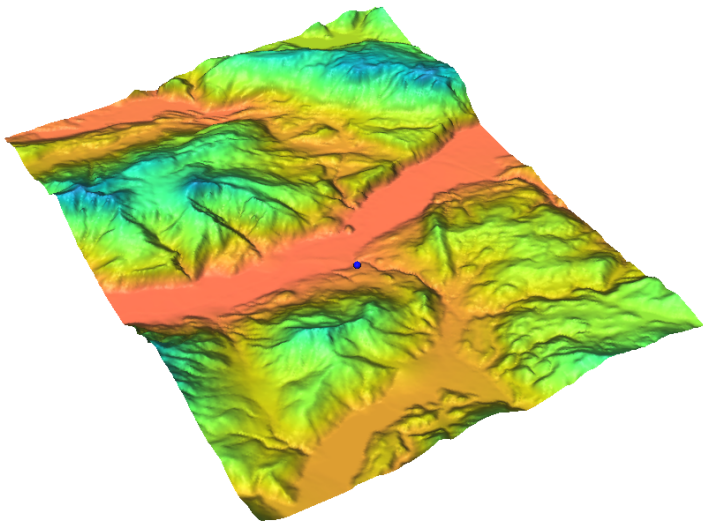
Si può usare una rappresentazione 3D (tipicamente assonometrica) per rappresentare un attributo attraverso l'“altezza” associata alle primitive.

Può essere utilizzata sia per campi scalari (es. DTM) che per entità (es. aree che rappresentano nazioni).

L'atlezza può rappresentare una altezza reale (es DTM, altezza degli edifici) oppure un attributo qualunque (non necessariamente una lunghezza).

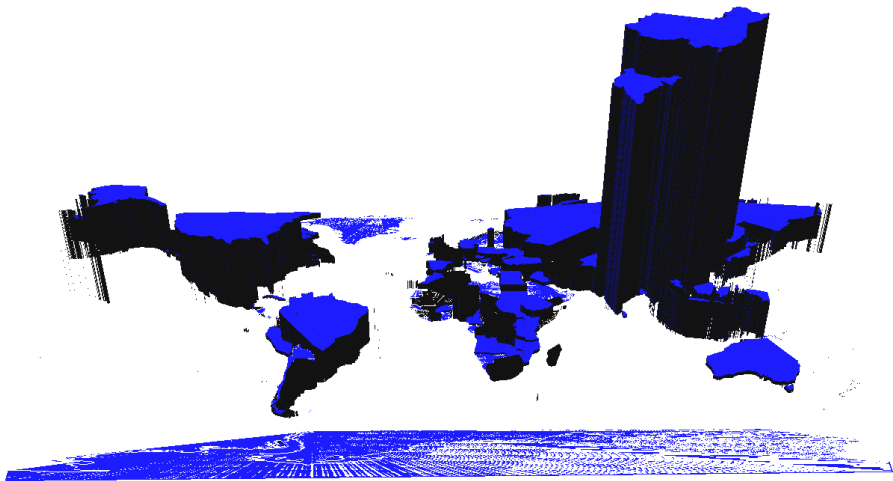


# Rappresentazioni 3D - II



Campo scalare - DTM 3D - Trento

# Rappresentazioni 3D - III



Entità - Popolazione mondiale nel 2005

# Classificazione degli attributi

Nella maggior parte dei casi l'attributo da visualizzare assume un numero di valori diversi che, se rappresentati ognuno in modo diverso, renderebbero la carta illeggibile.

Per questo motivo i valori dell'attributo sono raggruppati in *classi*. Di solito ci si limita a 5 - 7 classi al massimo.

Si sceglie il modo di fissare gli intervalli: si deve minimizzare le differenze per gli elementi in un gruppo e massimizzarle per quelli di gruppi diversi.

In alcuni casi le classi sono fissate secondo standard normativi o di consuetudine.

# Tipi di classificazione

Esistono diversi modi di classificare i dati, cioè modi di scegliere gli intervalli in cui dividere i dati.

La scelta di come dividere gli intervalli dipende dalla distribuzione degli attributi:

**natural breaks** per distribuzioni non normali

**intervalli uguali** per distribuzioni uniformi o normali

**standard deviation** per distribuzioni normali

**quantile** per distribuzioni uniformi o normali

**area costante** per mappe con aree simili

**progressioni** distribuzioni con molti valori sulle code

**definita dall'utente** se le scelte sopra non sono soddisfacenti

# Outline

## 1 Cartografia tematica

## 2 Dati, primitive e rappresentazione

- Dati
- Rappresentazione
- Punti, linee ed aree

## 3 Classificazione degli attributi

- **Natural breaks - Intervalli uguali - Standard deviation**
- Quantili - Aree uguali - Progressioni
- Classi definite dall'utente

# Natural breaks - I

Si usa per distribuzioni non normali o uniformi, si cerca di individuare punti di discontinuità nella distribuzione, in cui porre i limiti delle classi. Fissato il numero di classi si massimizza la differenza fra la somma degli scarti al quadrato in ogni classe e la somma degli scarti rispetto alla media globale (algoritmo di Jenks).

Vantaggi:

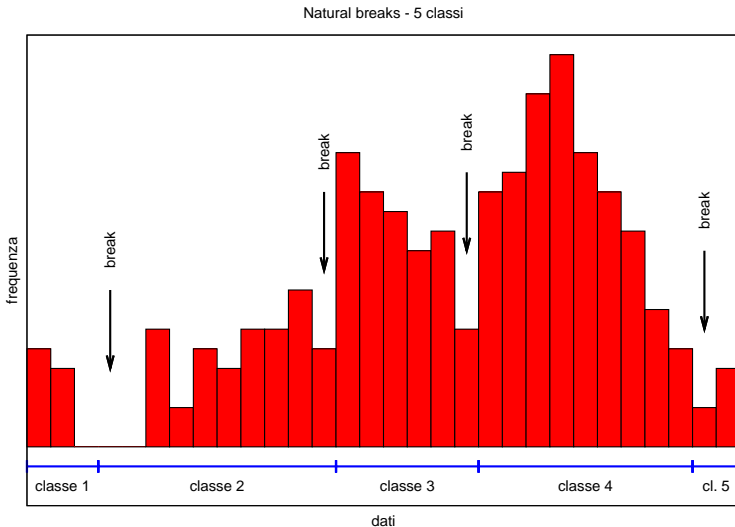
- risultano classi con la massima omogeneità interna
- è un metodo di classificazione *robusto*
- è facilmente automatizzabile

## Natural breaks - II

### Limiti:

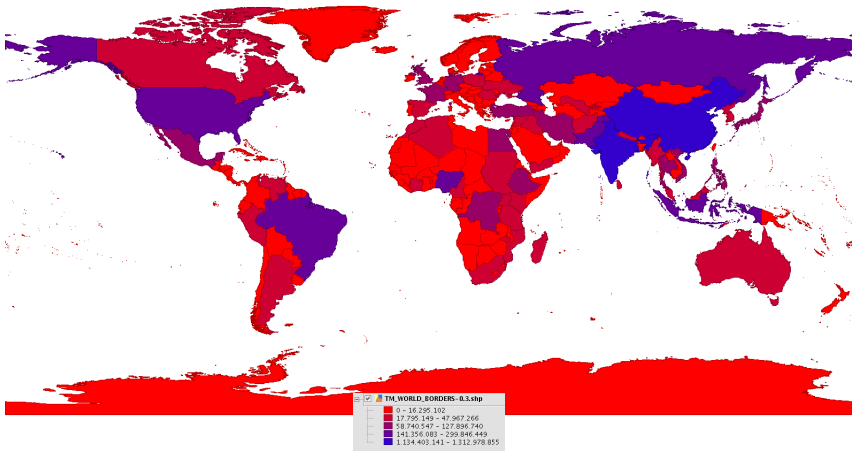
- funziona bene se la distribuzione dei dati effettivamente presenta discontinuità (almeno pari al numero di classi-1)
- il risultato dipende dal numero di classi
- la procedura è iterativa e può essere computazionalmente pesante
- le classi dipendono dalla distribuzione e quindi è difficile il confronto fra carte (es. stesso attributo in zone diverse in generale ha distribuzione e quindi classi diverse)

# Natural breaks - III





# Natural breaks - IV



Popolazione mondiale nel 2005 - natural breaks

# Intervalli uguali - I

## Classi di uguale ampiezza

Si usa per distribuzioni uniformi o poco diverse.  
L'ampiezza degli intervalli (costante) è uguale a

$$\frac{\text{max} - \text{min}}{\text{n.classi}}$$

Vantaggi:

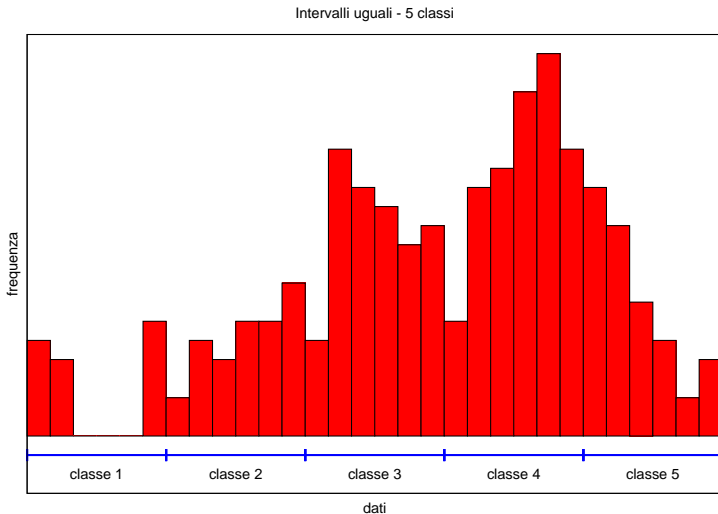
- è facile da interpretare
- se si usano i massimi e minimi assoluti le classi sono indipendenti dalla zona mappata

Svantaggi:

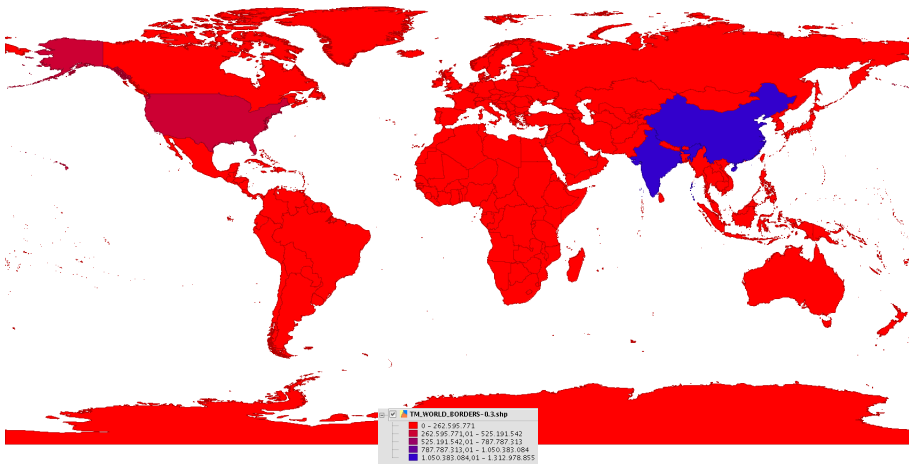
- **non** è adatto se la distribuzione non è circa uniforme (classi vuote/classi con un gran numero di elementi)
- “nasconde” le differenze fra valori

# Intervalli uguali - II

## Classi di uguale ampiezza



# Intervalli uguali - III



Popolazione mondiale nel 2005 - intervalli uguali

# Standard deviation - I

## per distribuzioni normali

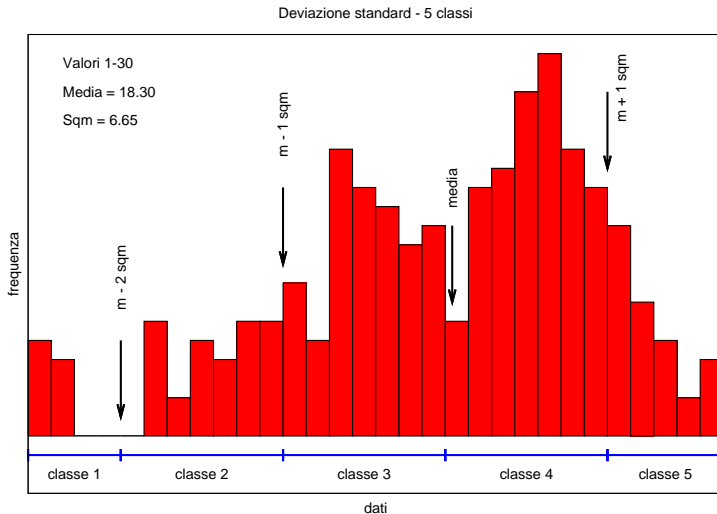
Si usa per attributi con distribuzione vicina alla gaussiana.

Si calcola la media e la deviazione standard: si definiscono intervalli attorno alla media con ampiezze pari a multipli della deviazione standard (es. 1, 2, 3 volte la dev. std.).

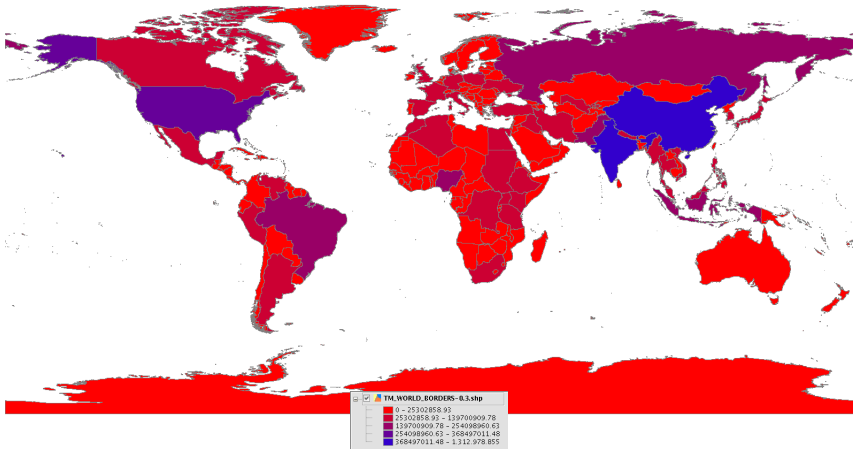
È utile per mettere in evidenza la distribuzione dei valori rispetto alla media.

# Standard deviation - II

## per distribuzioni normali



# Standard deviation - III



Popolazione mondiale nel 2005 - deviazione standard

# Outline

## 1 Cartografia tematica

## 2 Dati, primitive e rappresentazione

- Dati
- Rappresentazione
- Punti, linee ed aree

## 3 Classificazione degli attributi

- Natural breaks - Intervalli uguali - Standard deviation
- **Quantili - Aree uguali - Progressioni**
- Classi definite dall'utente



# Quantili - I

## Classi di uguale numerosità

---

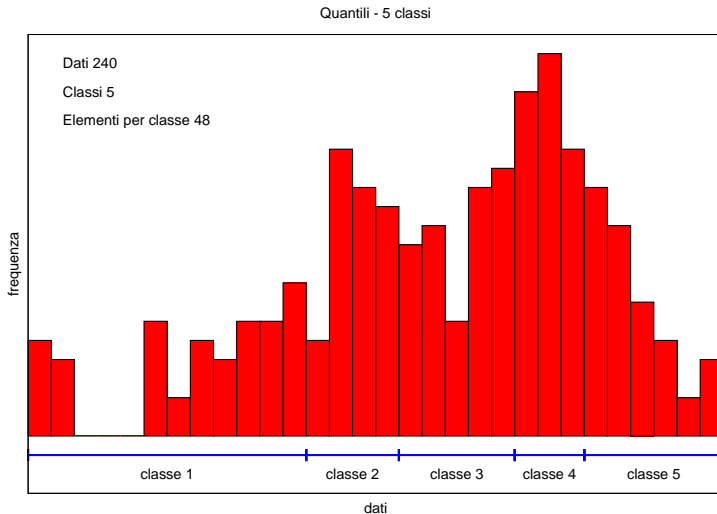
Le classi sono individuate in modo che abbiano lo stesso numero di elementi.

Adatto a distribuzioni che non hanno molti elementi con valori simili (in questo caso le classi risultano di ampiezze molto diverse fra loro).

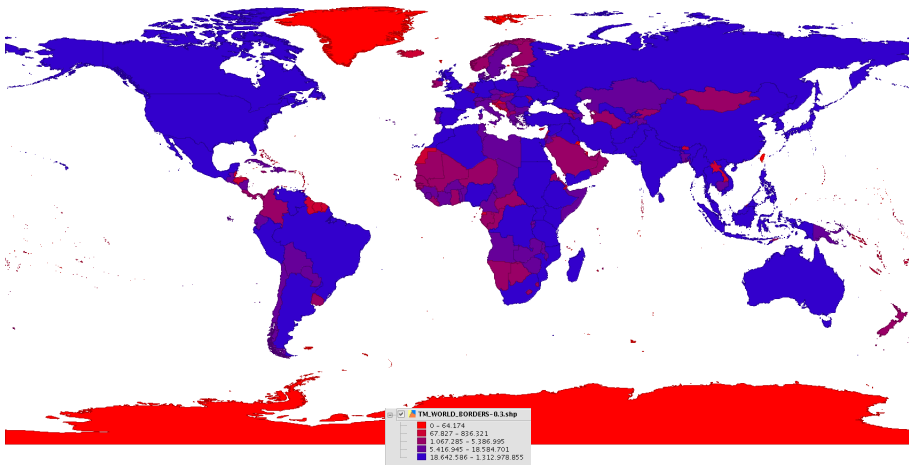
Si possono introdurre discontinuità artificiali perchè valori molto simili possono cadere in classi diverse (al confine tra classi).

# Quantili - II

## Classi di uguale numerosità



# Quantili - III



Popolazione mondiale nel 2005 - quantili

# Aree uguali

## Classi di uguale superficie

Un approccio simile è quello di usare *aree uguali* in cui si scelgono le classi in modo che le *aree* in ogni classe risultino simili.

Per aree con dimensioni simili il risultato è lo stesso dei quantili.

Se le aree sono diverse, le differenze fra aree minori tendono a sparire perchè queste aree sono raggruppate assieme.

# Progressioni

## Classi di ampiezza variabile

Per attributi che presentano una distribuzione aritmetica o geometrica si possono creare classi che seguono questo tipo di distribuzioni.

L'ampiezza delle classi è diversa per ogni classe, ma in modo sistematico.

Si usa per distribuzioni con molti valori raggruppati sulle code.

# Outline

## 1 Cartografia tematica

## 2 Dati, primitive e rappresentazione

- Dati
- Rappresentazione
- Punti, linee ed aree

## 3 Classificazione degli attributi

- Natural breaks - Intervalli uguali - Standard deviation
- Quantili - Aree uguali - Progressioni
- **Classi definite dall'utente**

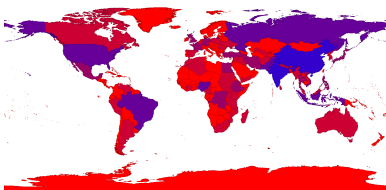
# Classi definite dall'utente

Classi definite dall'utente:

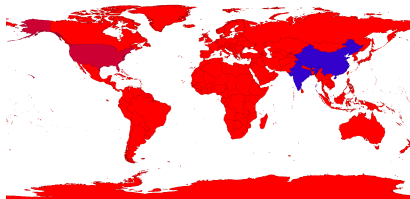
- si usa solitamente quando i metodi automatici non danno esiti soddisfacenti (es. distribuzioni “difficili”)
- si usa a valle degli altri metodi per arrotondare i limiti delle classi per avere valori più facilmente leggibili
- può essere utilizzato per evidenziare o nascondere una caratteristica di un attributo (es. “nascondere” le aree a valore più elevato)
- il risultato dipende molto dall'esperienza dell'operatore

# Confronto di carte tematiche

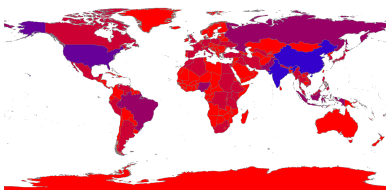
## Diversi metodi di classificazione



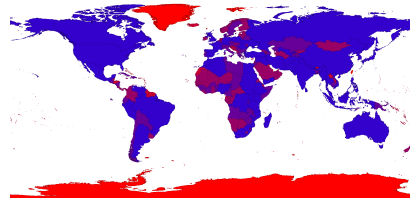
Natural breaks



Intervalli uguali



Deviazione standard

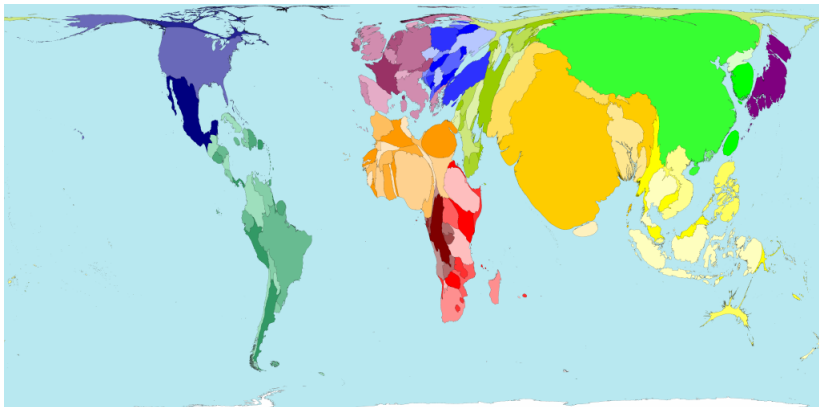


Quantili



# Aree proporzionali all'attributo normalizzato

Alcune rappresentazioni deformano le aree in modo che la superficie rappresenti il valore dell'attributo rispetto al totale.



Popolazione mondiale nel 2000 - la superficie di ogni area è proporzionale alla popolazione

©2006 SASI Group and Mark Newman

Questa presentazione è ©2011 Paolo Zatelli, disponibile come



Attribuzione-Non commerciale-Condividi allo stesso modo 2.5 Italia

Tu sei libero:



di riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico, esporre in pubblico, rappresentare, eseguire e recitare quest'opera



di modificare quest'opera

Alle seguenti condizioni:



**Attribuzione.** Devi attribuire la paternità dell'opera nei modi indicati dall'autore o da chi ti ha dato l'opera in licenza e in modo tale da non suggerire che essi avallino te o il modo in cui tu usi l'opera.



**Non commerciale.** Non puoi usare quest'opera per fini commerciali.



**Condividi allo stesso modo.** Se alteri o trasformi quest'opera, o se la usi per crearne un'altra, puoi distribuire l'opera risultante solo con una licenza identica o equivalente a questa.

- Ogni volta che usi o distribuisi quest'opera, devi farlo secondo i termini di questa licenza, che va comunicata con chiarezza.
- In ogni caso, puoi concordare col titolare dei diritti utilizzi di quest'opera non consentiti da questa licenza.
- Questa licenza lascia impregiudicati i diritti morali.

I dati utilizzati per le mappe sono disponibili su "the Mapping Hacks website": <http://www.mappinghacks.com/data/> con licenza Creative Commons Attribution-Share Alike.

La mappa della popolazione mondiale al 2000 è sotto licenza Attribution-Noncommercial-No Derivative Works 3.0 Unported ©Copyright 2006 SASI Group (University of Sheffield) and Mark Newman (University of Michigan).

Tutte le mappe ed i grafici sono realizzati con Free Software con licenza GNU.