— Parte 5. —

Mappe Tematiche

Paolo Bosetti (paolo.bosetti@unitn.it)

Data creazione: 2022-01-27 13:15:52

Indice

1 Mappe tematiche: `tmap`

È possibile creare mappe in R in numerosi modi: anche R base dispone di funzioni per gestire dati geografici.

Sull'onda della *new wave* del Tidyverse, tuttavia, sono emerse alcune librerie che sposano la stessa filosofia e si integrano bene con la gestione dati basata su *pipe* e `tibble`. In particolare sono utili `sf` che consente la gestione di dati geografici di tipo *simple feature*, e `tmap`, che adotta una grammatica simile a GGplot2 per la creazione di mappe.

```
library(tmap)
library(sf)
```

```
## Linking to GEOS 3.8.1, GDAL 3.2.1, PROJ 7.2.1
```

```
library(spData)
library(spDataLarge)
```

Come in GGPlot2, e mappe si costruiscono per strati, sommando differenti contributi provenienti da oggetti `sf`. A loro volta, gli oggetti `sf` sono dei data frame che contengono dati eterogenei con l'aggiunta di *feature* geometriche:

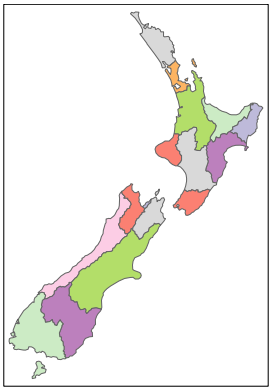
```
nz %>% str # nz è l'esempio per la Nuova Zelanda fornito da spData
```

```
## Classes 'sf' and 'data.frame':   16 obs. of  7 variables:
##  $ Name         : chr  "Northland" "Auckland" "Waikato" "Bay of Plenty" ...
##  $ Island       : chr  "North" "North" "North" "North" ...
##  $ Land_area    : num  12501 4942 23900 12071 8386 ...
##  $ Population   : num  175500 1657200 460100 299900 48500 ...
##  $ Median_income: int  23400 29600 27900 26200 24400 26100 29100 25000 32700 26900 ...
##  $ Sex_ratio    : num  0.942 0.944 0.952 0.928 0.935 ...
##  $ geom         :sfc_MULTIPOLYGON of length 16; first list element: List of 1
##   ..$ :List of 1
```

```
##   .. ..$ : num [1:68, 1:2] 1745493 1740539 1733165 1720197 1709110 ...
##   ..- attr(*, "class")= chr [1:3] "XY" "MULTIPOLYGON" "sfg"
##  - attr(*, "sf_column")= chr "geom"
##  - attr(*, "agr")= Factor w/ 3 levels "constant","aggregate",..: NA NA NA NA NA NA
##   ..- attr(*, "names")= chr [1:6] "Name" "Island" "Land_area" "Population" ...
```

Plottiamo la mappa della Nuova Zelanda riempita con colori casuali generati in modo che aree adiacenti abbiano sempre colori differenti e con i bordi delle regioni interne:

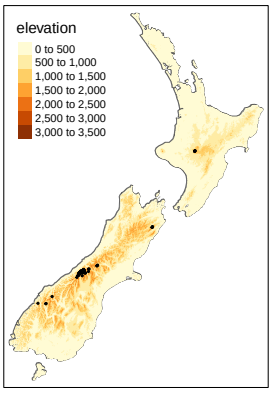
```
map_nz <- tm_shape(nz) +
  tm_fill(col="MAP_COLORS") +
  tm_borders()
print(map_nz)
```



La funzione `qtm()` semplifica le cose, e può essere combinata con altri dati `sf`; inoltre, un oggetto `sf` può contenere anche dati *raster* (altimetria, orto-foto, ecc.):

```
qtm(nz) + qtm(nz_elev) + qtm(nz_height)
```

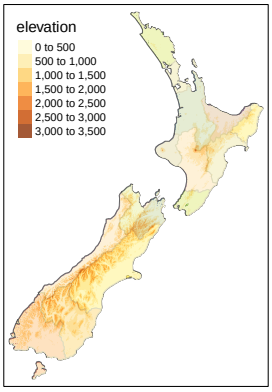
```
## stars object downsampled to 877 by 1140 cells. See tm_shape manual (argument raster.downsample)
```



Si possono combinare livelli *raster* con livelli vettoriali:

```
map_nz1 <- map_nz +
  tm_shape(nz_elev) + tm_raster(alpha = 0.8)
print(map_nz1)
```

```
## stars object downsampled to 877 by 1140 cells. See tm_shape manual (argument raster.downsample)
```



È possibile *modificare* layer vettoriali, ad esempio creando il contorno delle acque territoriali fino a 22.2 km:

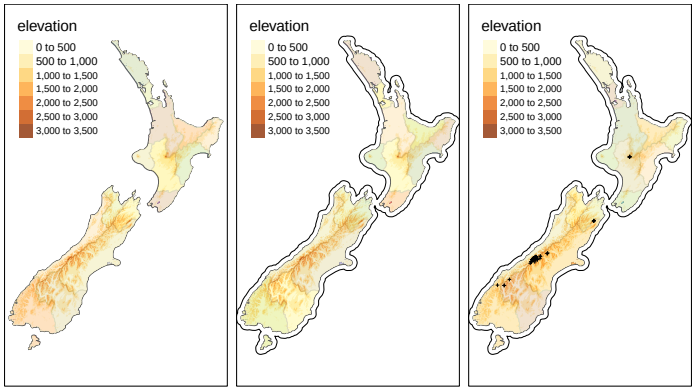
```
nz_water <- st_union(nz) %>%
  st_buffer(22200) %>%
  st_cast(to = "LINESTRING")

map_nz2 <- map_nz1 +
  tm_shape(nz_water) +
  tm_lines()

map_nz3 <- map_nz2 +
  tm_shape(nz_height) +
  tm_dots(shape = 3)

tmap_arrange(map_nz1, map_nz2, map_nz3)
```

```
## stars object downsampled to 877 by 1140 cells. See tm_shape manual (argument raster.downsample)
## stars object downsampled to 877 by 1140 cells. See tm_shape manual (argument raster.downsample)
## stars object downsampled to 877 by 1140 cells. See tm_shape manual (argument raster.downsample)
## stars object downsampled to 877 by 1140 cells. See tm_shape manual (argument raster.downsample)
## Some legend labels were too wide. These labels have been resized to 0.63, 0.55, 0.55, 0.55, 0.55, 0.5
## stars object downsampled to 877 by 1140 cells. See tm_shape manual (argument raster.downsample)
## Some legend labels were too wide. These labels have been resized to 0.63, 0.55, 0.55, 0.55, 0.55, 0.5
## stars object downsampled to 877 by 1140 cells. See tm_shape manual (argument raster.downsample)
## Some legend labels were too wide. These labels have been resized to 0.63, 0.55, 0.55, 0.55, 0.55, 0.5
```



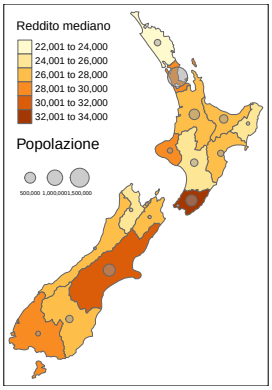
È interessante aggiungere ad una mappa i metadati contenuti nell'oggetto `sf`:

```
tm_shape(nz) +
  tm_borders() +
  tm_fill(col="Median_income", title="Reddito mediano") +
  tm_bubbles(size="Population", alpha=1/2, title.size="Popolazione")
```

```
## Legend labels were too wide. The labels have been resized to 0.6, 0.6, 0.6, 0.6, 0.6, 0.6. Increase l
```

```
## Legend labels were too wide. Therefore, legend.text.size has been set to 0.31. Increase legend.width
```

```
## The legend is too narrow to place all symbol sizes.
```



2 Trentino

Vediamo di realizzare alcune mappe tematiche per il Trentino, attingendo a dati GIS open in formato *shapefile* (`.shp`), che può essere direttamente caricato come oggetto *simple feature*, `sf`:

- Limiti amministrativi scaricati da WebGIS, in formato ESRI (.shp). Contengono sia i limiti comunali che delle comunità di valle;
- Dati COVID-19 scaricati da FBK;
- Dati estratti dal censimento 2011 per la **regione Trentino/Alto Adige**, formato tabulare senza dati geografici.

```
# Dati amministrativi
comuni <- read_sf(dsn="ammcom/ammcom.shp")
com.valle <- read_sf(dsn="ammcva/ammcva.shp")
# Da "TIONE DI TRENTO" a "Tione Di Trento":
com.valle$nome <- com.valle$nome %>% str_to_title()
# Dati COVID-19:
covid <- read_csv("https://covid19trentino.fbk.eu/data/stato_comuni_td.csv")
```

```
## Rows: 166 Columns: 9
```

```
## -- Column specification --------------------------------------------------------
## Delimiter: ","
## chr (2): nome, aggiornamento
## dbl (7): codice, contagi, guariti, decessi, dimessi, lat, lon
```

```
##
## i Use `spec()` to retrieve the full column specification for this data.
## i Specify the column types or set `show_col_types = FALSE` to quiet this message.
```

```
# Censimento:
stat <- read_csv2(mydata("censimento_TAA_2011.csv")) %>%
  filter(PROVINCIA=="Trento")
```

```
## i Using "',' as decimal and "'.'" as grouping mark. Use `read_delim()` for more control.

## Rows: 2055 Columns: 154

## -- Column specification --------------------------------------------------------
## Delimiter: ";"
## chr   (5): REGIONE, PROVINCIA, COMUNE, LOCALITA, ALTITUDINE
## dbl (149): CODREG, CODPRO, CODCOM, PROCOM, LOC2011, CODLOC, TIPOLOC, AMPLOC,...

##
## i Use `spec()` to retrieve the full column specification for this data.
## i Specify the column types or set `show_col_types = FALSE` to quiet this message.
```

Ispezioniamo gli oggetti con `str()`:

```
str(comuni)
```

```
## sf [166 x 19] (S3: sf/tbl_df/tbl/data.frame)
##  $ objectid  : num [1:166] 2209 2210 2211 2212 2213 ...
##  $ classid   : chr [1:166] "AMB003_1" "AMB003_26" "AMB003_60" "AMB003_237" ...
##  $ codice    : num [1:166] 1 26 60 237 203 51 136 155 47 188 ...
##  $ istat     : chr [1:166] "22001" "22026" "22060" "22237" ...
##  $ istatcat  : chr [1:166] "A116" "B158" "C727" "M351" ...
##  $ nome      : chr [1:166] "ALA" "BRESIMO" "CIS" "AMBLAR-DON" ...
##  $ supcom    : num [1:166] 120 41 5.5 19.9 50.2 ...
##  $ altcom    : num [1:166] 180 1036 732 971 525 ...
##  $ fkcomcva  : chr [1:166] "AMB002_10" "AMB002_6" "AMB002_6" "AMB002_6" ...
##  $ fkammprv  : chr [1:166] "AMB001_1" "AMB001_1" "AMB001_1" "AMB001_1" ...
##  $ struttura : chr [1:166] "S133" "S133" "S133" "S133" ...
##  $ struttura_: chr [1:166] "Servizio Catasto" "Servizio Catasto" "Servizio Catasto" "Servizio Catasto
##  $ fkfonte   : chr [1:166] "05" "05" "05" "05" ...
##  $ fktfonte_d: chr [1:166] "altre fonti" "altre fonti" "altre fonti" "altre fonti" ...
##  $ fktipoelab: chr [1:166] "01" "01" "01" "01" ...
##  $ fktipoel_d: chr [1:166] "manuale" "manuale" "manuale" "manuale" ...
##  $ fkscala   : chr [1:166] "03" "03" "03" "03" ...
##  $ fkscala_d : chr [1:166] "10000" "10000" "10000" "10000" ...
##  $ geometry  :sfc_MULTIPOLYGON of length 166; first list element: List of 1
##   ..$ :List of 1
##   .. ..$ : num [1:1420, 1:2] 663379 663430 663474 663535 663602 ...
##   ..- attr(*, "class")= chr [1:3] "XY" "MULTIPOLYGON" "sfg"
##  - attr(*, "sf_column")= chr "geometry"
##  - attr(*, "agr")= Factor w/ 3 levels "constant","aggregate",..: NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA ...
##   ..- attr(*, "names")= chr [1:18] "objectid" "classid" "codice" "istat" ...
```

```
str(covid)
```

```
## spec_tbl_df [166 x 9] (S3: spec_tbl_df/tbl_df/tbl/data.frame)
##  $ codice       : num [1:166] 1 26 60 237 203 51 136 155 47 188 ...
##  $ nome         : chr [1:166] "ALA" "BRESIMO" "CIS" "AMBLAR-DON" ...
##  $ contagi      : num [1:166] 1706 39 40 92 289 ...
##  $ guariti      : num [1:166] 1255 27 31 69 200 ...
##  $ decessi      : num [1:166] 8 0 0 1 3 3 5 3 8 3 ...
##  $ dimessi      : num [1:166] 1 0 0 0 0 0 1 0 1 0 ...
##  $ lat          : num [1:166] 45.7 46.4 46.4 46.4 45.8 ...
##  $ lon          : num [1:166] 11 10.9 11 11.2 11.1 ...
##  $ aggiornamento: chr [1:166] "26/01/2022" "26/01/2022" "26/01/2022" "26/01/2022" ...
##  - attr(*, "spec")=
##   .. cols(
```

```
##   ..   codice = col_double(),
##   ..   nome = col_character(),
##   ..   contagi = col_double(),
##   ..   guariti = col_double(),
##   ..   decessi = col_double(),
##   ..   dimessi = col_double(),
##   ..   lat = col_double(),
##   ..   lon = col_double(),
##   ..   aggiornamento = col_character()
##   .. )
##  - attr(*, "problems")=<externalptr>
```

Dunque `comuni` è un oggetto `sf`, la cui classe è `sf, tbl_df, tbl, data.frame`, mentre `covid` è ovviamente un `tibble`. Siccome `comuni` eredita da `data.frame`, possiamo aggiungere e modificare le sue colonne mediante l'operatore `$`, oppure possiamo usare la più avanzata libreria `dyplr` per unire le due tabelle condividendo le stesse colonne `nome` e `codice`:

```
tn_data <- comuni %>% full_join(covid, by=c("codice", "nome"))
str(tn_data)
```

```
## sf [166 x 26] (S3: sf/tbl_df/tbl/data.frame)
##  $ objectid     : num [1:166] 2209 2210 2211 2212 2213 ...
##  $ classid      : chr [1:166] "AMB003_1" "AMB003_26" "AMB003_60" "AMB003_237" ...
##  $ codice       : num [1:166] 1 26 60 237 203 51 136 155 47 188 ...
##  $ istat        : chr [1:166] "22001" "22026" "22060" "22237" ...
##  $ istatcat     : chr [1:166] "A116" "B158" "C727" "M351" ...
##  $ nome         : chr [1:166] "ALA" "BRESIMO" "CIS" "AMBLAR-DON" ...
##  $ supcom       : num [1:166] 120 41 5.5 19.9 50.2 ...
##  $ altcom       : num [1:166] 180 1036 732 971 525 ...
##  $ fkcomcva     : chr [1:166] "AMB002_10" "AMB002_6" "AMB002_6" "AMB002_6" ...
##  $ fkammprv     : chr [1:166] "AMB001_1" "AMB001_1" "AMB001_1" "AMB001_1" ...
##  $ struttura    : chr [1:166] "S133" "S133" "S133" "S133" ...
##  $ struttura_   : chr [1:166] "Servizio Catasto" "Servizio Catasto" "Servizio Catasto" "Servizio Cata
##  $ fkfonte      : chr [1:166] "05" "05" "05" "05" ...
##  $ fktfonte_d   : chr [1:166] "altre fonti" "altre fonti" "altre fonti" "altre fonti" ...
##  $ fktipoelab   : chr [1:166] "01" "01" "01" "01" ...
##  $ fktipoel_d   : chr [1:166] "manuale" "manuale" "manuale" "manuale" ...
##  $ fkscala      : chr [1:166] "03" "03" "03" "03" ...
##  $ fkscala_d    : chr [1:166] "10000" "10000" "10000" "10000" ...
##  $ geometry     :sfc_MULTIPOLYGON of length 166; first list element: List of 1
##   ..$ :List of 1
##   .. ..$ : num [1:1420, 1:2] 663379 663430 663474 663535 663602 ...
##   ..- attr(*, "class")= chr [1:3] "XY" "MULTIPOLYGON" "sfg"
##  $ contagi      : num [1:166] 1706 39 40 92 289 ...
##  $ guariti      : num [1:166] 1255 27 31 69 200 ...
##  $ decessi      : num [1:166] 8 0 0 1 3 3 5 3 8 3 ...
##  $ dimessi      : num [1:166] 1 0 0 0 0 0 1 0 1 0 ...
##  $ lat          : num [1:166] 45.7 46.4 46.4 46.4 45.8 ...
##  $ lon          : num [1:166] 11 10.9 11 11.2 11.1 ...
##  $ aggiornamento: chr [1:166] "26/01/2022" "26/01/2022" "26/01/2022" "26/01/2022" ...
##  - attr(*, "sf_column")= chr "geometry"
##  - attr(*, "agr")= Factor w/ 3 levels "constant","aggregate",..: NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA ...
##   ..- attr(*, "names")= chr [1:25] "objectid" "classid" "codice" "istat" ...
```

Come si vede, ora `tn_data` contiene anche i dati COVID-19.

Ripetiamo lo stesso con `stat` per recuperare la popolazione. In questo caso, i dati originari contengono più di un *caso* per lo stesso comune (uno per frazione). È quindi necessario sommare tutte le frazioni (campo `LOCALITA`) di uno stesso comune (campo `PROCOM`). Successivamente importiamo in `comuni` tutti i dati in cui `PROCOM` equivale a `istat`:

```
pop_data <- stat %>% group_by(PROCOM, COMUNE) %>% summarise(Popolazione=sum(P1))
```

```
## `summarise()` has grouped output by 'PROCOM'. You can override using the `.groups` argument.
```

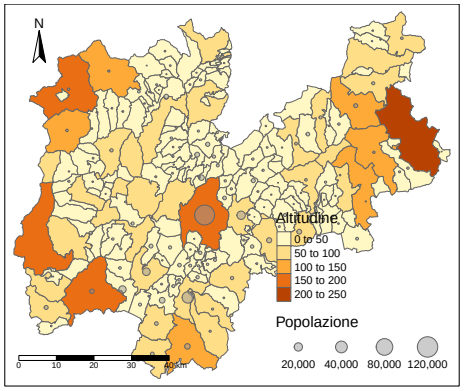
```
pop_data <- pop_data %>% mutate(PROCOM=as.character(PROCOM))
tn_data <- tn_data %>% left_join(pop_data, by=c("istat"="PROCOM"))
tn_data %>% filter(is.na(Popolazione)) %>% length
```

```
## [1] 28
```

Come si vede, ci sono 28 comuni il cui codice non trova corrispondenza nel censimento del 2011, per i quali quindi la popolazione non è nota. Non ci sono metodi semplici e automatici per ricostruire questi dati mancanti.

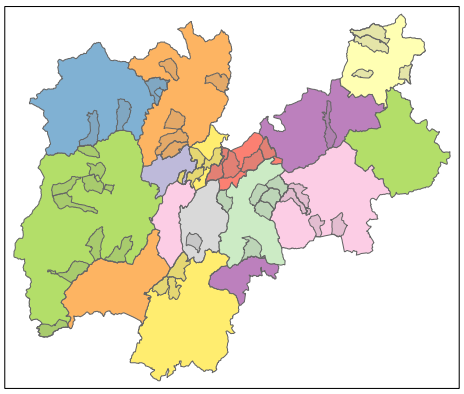
Ora inseriamo questi dati su una mappa tematica, indicando l'altezza sul mare come colore e la popolazione con un diagramma a bolle:

```
tm_shape(tn_data) +
  tm_borders() +
  tm_fill(col="supcom", title="Altitudine") +
  tm_bubbles(size="Popolazione", title.size="Popolazione", alpha=1/2) +
  tm_compass(type = "arrow", position = c("left", "top")) +
  tm_scale_bar(position=c("left", "bottom"), bg.alpha=0.5)
```



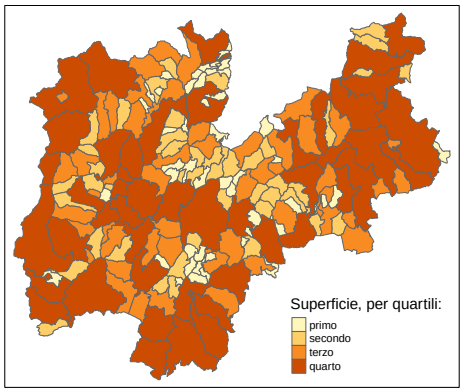
Vogliamo ora evidenziare i comuni che stanno nel primo quartile secondo la distribuzione della superficie comunale:

```
inrange <- function(x, rng) x >= min(rng) & x <= max(rng)
breaks <- quantile(tn_data$supcom)
tm_shape(com.valle) +
  tm_fill(col="MAP_COLORS") +
  tm_borders() +
  tm_shape(filter(tn_data, inrange(supcom, breaks[2:3]))) +
    tm_borders() +
    tm_fill(col=gray(0.5), alpha=0.2)
```



Possiamo anche colorare l'intera mappa secondo il quartile di appartenenza:

```
tm_shape(tn_data) +
  tm_borders() +
  tm_fill(col="supcom",
          style = "fixed",
          breaks=breaks,
          title = "Superficie, per quartili:",
          labels = c("primo", "secondo", "terzo", "quarto"))
```



Il layer `tm_basemap()` consente di aggiungere una mappa base interattiva, scaricata dinamicamente da un provider di servizi, come Open Street Map. Perché questa funzionalità sia attiva, è necessario passare dalla modalità `"print"` (default) alla modalità `"view"`: l'oggetto grafico risultante è generato mediante JavaScript, è interattivo ma non è adatto alla stampa.

```
tmap_mode("view") # Per usare tm_basemap
```

```
## tmap mode set to interactive viewing
```

```
tnplus <- st_union(tn_data) %>% st_buffer(dist=2000) %>% st_cast(to="POLYGON")
tn <- tm_shape(tn_data) +
  tm_borders(col="gray") +
  tm_fill(col="contagi", title="Contagi COVID-19") +
  tm_layout(legend.outside = TRUE, legend.outside.position = "right")
tm_shape(tnplus) + tm_polygons(col="gray") +
  tn +
  tm_shape(com.valle) +
  tm_borders(col="black") +
  tm_text("nome", size=2/3) +
  tm_basemap(server="OpenStreetMap")
```