

现代统计图形及在 R 中的实现

2018 年 4 月

邹海翔

深圳市规划国土发展研究中心





目录

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

① 空间数据绘图系统



目录

现代统计图形及
在 R 中的实现

3

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

1 空间数据绘图系统

53



我们借助于外感官（我们意识的一种性质）表象给我们自己外面的对象，这些对象毫无例外的在空间里面。这些对象的形状、大小、以及它们相互间的关系是在空间里被规定的或能够在空间里被规定的。

空间不是一个从外部经验得来的经验概念。因为为使着某种感觉与我以外的某些东西发生关系，以及同样地为着我能把那些感觉表象为互相在外、互相靠近，从而不只是彼此不同，并且是在不同的地方，这样就一定要以空间观念为前提。

—《康德·纯粹理性批判》



GIS 和 R

P&LRC

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

5

- GIS 的非正式定义¹: 一组强大的工具集，可以用来收集、存储、任意检索、转换和显示来自真实世界有特殊用途的空间数据
- R 虽然能够分析并提供数据可视化，但是并没有能力从其他数据中区分出空间数据；因此一组 R 开发者共同实现了 R 的空间数据类包 sp²，它新增了用于空间数据类和方法的 R 功能

¹Burrough, P. A. and McDonnell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press, Oxford.

²Pebesma, E. J. and Bivand, R. S. (2005). *Classes and methods for spatial data in R*. R News, 5(2):9-13.



GIS 和 R

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

5

- GIS 的非正式定义¹: 一组强大的工具集，可以用来收集、存储、任意检索、转换和显示来自真实世界有特殊用途的空间数据
- R 虽然能够分析并提供数据可视化，但是并没有能力从其他数据中区分出空间数据；因此一组 R 开发者共同实现了 R 的空间数据类包 `sp`²，它新增了用于空间数据类和方法的 R 功能

空间数据类的优势

- 📎 从空间分析包中转换数据更加容易
- 📎 提供 GIS 接口包，可以读写外部 GIS 格式数据
- 📎 实现空间数据组织、绘图、打印的方法
- 📎 能够对绘图进行地图修饰（参考网格、指北针、比例尺）

¹Burrough, P. A. and McDonnell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press, Oxford.

²Pebesma, E. J. and Bivand, R. S. (2005). *Classes and methods for spatial data in R*. R News, 5(2):9-13.

R 的空间数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

6

- sp 包从 2005 年开始提交 CRAN，主要创始人是挪威经济学院教授 [Roger Bivand](#) 和慕尼黑大学教授 [Edzer Pebesma](#)；目前项目负责人是 Edzer，并有稳定的开发团队和成熟的讨论组
- sp 包未包含在 base 包中，需要单独下载使用
- 目前绝大多数空间数据相关的包都会以 sp 包为基础来编写



图: sp 包的两位主要作者. 左边是 Roger Bivand, 右边是 Edzer Pebesma



R 的空间数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

6

- sp 包从 2005 年开始提交 CRAN，主要创始人是挪威经济学院教授 [Roger Bivand](#) 和慕尼黑大学教授 [Edzer Pebesma](#)；目前项目负责人是 Edzer，并有稳定的开发团队和成熟的讨论组
- sp 包未包含在 base 包中，需要单独下载使用
- 目前绝大多数空间数据相关的包都会以 sp 包为基础来编写

53



R 的空间数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

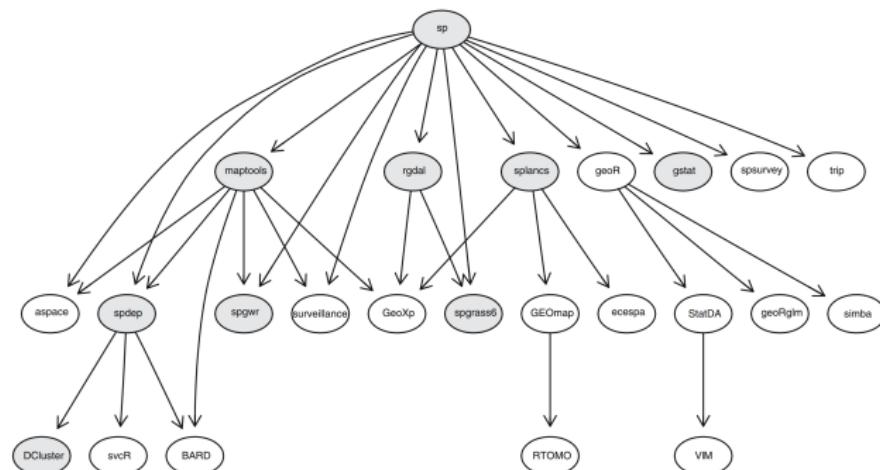
基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

53

6

- sp 包从 2005 年开始提交 CRAN，主要创始人是挪威经济学院教授 [Roger Bivand](#) 和慕尼黑大学教授 [Edzer Pebesma](#)；目前项目负责人是 Edzer，并有稳定的开发团队和成熟的讨论组
- sp 包未包含在 base 包中，需要单独下载使用
- 目前绝大多数空间数据相关的包都会以 sp 包为基础来编写



图：直接或间接基于 sp 包开发的程序包



R 的空间数据类

P&LRC

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

7

- sp 包提供的空间类是基于 S4 方法编写的，其基类是 Spatial
- Spatial 类包括两个属性 (slot)，一个是 matrix 类型的约束盒(bbox)，另一个是 CRS 类型的坐标参考系统(proj4string)
- 约束盒是列名为 c('min','max') 的坐标矩阵，至少有两列，一列指向东 (x 轴)，一列指向北 (y 轴)；CRS 类只有一个属性，其值是一个 PROJ.4 开源 CRS 格式的字符串

53



R 的空间数据类

P&LRC

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

7

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- sp 包提供的空间类是基于 S4 方法编写的，其基类是 Spatial
- Spatial 类包括两个属性 (slot)，一个是 matrix 类型的约束盒(bbox)，另一个是 CRS 类型的坐标参考系统(proj4string)
- 约束盒是列名为 c('min','max') 的坐标矩阵，至少有两列，一列指向东 (x 轴)，一列指向北 (y 轴)；CRS 类只有一个属性，其值是一个 PROJ.4 开源 CRS 格式的字符串

```
1 > library(sp)
2 > getClass("Spatial")
3 Class "Spatial" [package "sp"]
4
5 Slots:
6
7 Name:      bbox proj4string
8 Class:     matrix      CRS
9
10 Known Subclasses:
11 Class "SpatialPoints", directly
12 Class "SpatialMultiPoints", directly
13 Class "SpatialGrid", directly
14 Class "SpatialLines", directly
15 Class "SpatialPolygons", directly
16 Class "SpatialPointsDataFrame", by class "SpatialPoints", distance 2
17 Class "SpatialPixels", by class "SpatialPoints", distance 2
18 Class "SpatialMultiPointsDataFrame", by class "SpatialMultiPoints", distance 2
19 Class "SpatialGridDataFrame", by class "SpatialGrid", distance 2
20 Class "SpatialLinesDataFrame", by class "SpatialLines", distance 2
21 Class "SpatialPixelsDataFrame", by class "SpatialPoints", distance 3
22 Class "SpatialPolygonsDataFrame", by class "SpatialPolygons", distance 2
```



R 的空间数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

7

- sp 包提供的空间类是基于 S4 方法编写的，其基类是 Spatial
- Spatial 类包括两个属性 (slot)，一个是 matrix 类型的约束盒(bbox)，另一个是 CRS 类型的坐标参考系统(proj4string)
- 约束盒是列名为c('min','max')的坐标矩阵，至少有两列，一列指向东(x 轴)，一列指向北(y 轴)；CRS 类只有一个属性，其值是一个PROJ.4开源 CRS 格式的字符串

```
1 # 定义约束盒
2 > bb <- matrix(c(114.25, 22.45, 114.85, 23.16), ncol = 2, dimnames = list(NULL, c("min", "max")))
3 # 新建一个 Spatial 对象, CRS 对象是经纬度坐标系统
4 > Spatial(bb, proj4string = CRS("+proj=longlat"))
5 An object of class "Spatial"
6 Slot "bbox":
7   min     max
8 [1,] 114.25 114.85
9 [2,] 22.45  23.16
10
11 Slot "proj4string":
12 CRS arguments: +proj=longlat
```



R 的空间数据类

空间点类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

53

- 空间点在 GIS 中是一个坐标向量，sp 包中定义 **SpatialPoints** 类来表达空间点
- 相比 Spatial 类，SpatialPoints 类扩展了一个 matrix 类型的属性 **coords** 来存储点坐标矩阵



R 的空间数据类

空间点类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

8

- 空间点在 GIS 中是一个坐标向量，sp 包中定义 SpatialPoints 类来表达空间点
- 相比 Spatial 类，SpatialPoints 类扩展了一个 matrix 类型的属性 coords 来存储点坐标矩阵

```
1 > getClass("SpatialPoints")
2 Class "SpatialPoints" [package "sp"]
3 
4 Slots:
5 
6 Name:      coords      bbox proj4string
7 Class:     matrix      matrix      CRS
8 
9 Extends: "Spatial"
10 
11 Known Subclasses:
12 Class "SpatialPointsDataFrame", directly
13 Class "SpatialPixels", directly
14 Class "SpatialPixelsDataFrame", by class "SpatialPixels", distance 2
```

53



R 的空间数据类

空间点类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

8

- 空间点在 GIS 中是一个坐标向量，sp 包中定义 **SpatialPoints** 类来表达空间点
- 相比 Spatial 类，SpatialPoints 类扩展了一个 matrix 类型的属性 **coords** 来存储点坐标矩阵

```
1 > getClass("SpatialPoints")
2 Class "SpatialPoints" [package "sp"]
3 
4 Slots:
5 
6 Name:      coords      bbox proj4string
7 Class:     matrix      matrix      CRS
8 
9 Extends: "Spatial"
10 
11 Known Subclasses:
12 Class "SpatialPointsDataFrame", directly
13 Class "SpatialPixels", directly
14 Class "SpatialPixelsDataFrame", by class "SpatialPixels", distance 2
```

```
1 # 读取格式化文件到一个 data.frame 类型对象 CRAN_df, 包含位置经纬度坐标
2 > CRAN_df <- read.table("data/CRAN051001a.txt", header = TRUE)
3 # 将经纬度坐标构建一个新的 matrix 类型对象 CRAN_mat
4 > CRAN_mat <- cbind(CRAN_df$long, CRAN_df$lat)
5 
6 # 构建一个 CRS 对象 llCRS
7 llCRS <- CRS("+proj=longlat +ellps=WGS84")
8 # 构建 SpatialPoints 对象
9 CRAN_sp <- SpatialPoints(CRAN_mat, proj4string = llCRS)
```

53

R 的空间数据类

空间点类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

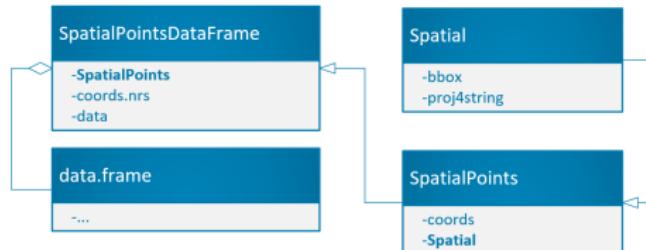
9

- **SpatialPointsDataFrame** 类将 SpatialPoints 对象转换为类似 data.frame 数据结构
- SpatialPointsDataFrame 类通过 coords 行名和 data.frame 行名的对应顺序来构建，可以用于在空间信息后面挂载属性信息
- SpatialPointsDataFrame 对象有两个索引，一个用于空间对象，另一个用于列

```

1 > getClass("SpatialPointsDataFrame")
2 Class "SpatialPointsDataFrame" [package "sp"]
3 
4 Slots:
5 
6   Name:      data  coords.nrs      coords      bbox proj4string
7   Class: data.frame    numeric     matrix     matrix      CRS
8 
9 Extends:
10 Class "SpatialPoints", directly
11 Class "Spatial", by class "SpatialPoints", distance 2

```





R 的空间数据类

空间点类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

9

- **SpatialPointsDataFrame** 类将 SpatialPoints 对象转换为类似 data.frame 数据结构
- **SpatialPointsDataFrame** 类通过 coords 行名和 data.frame 行名的对应顺序来构建，可以用于在空间信息后面挂载属性信息
- **SpatialPointsDataFrame** 对象有两个索引，一个用于空间对象，另一个用于列

```
1 # 将 matrix 的序号作为行名
2 > row.names(CRAN_mat) <- 1:nrow(CRAN_mat)
3 > str(CRAN_mat)
4 num [1:54, 1:2] 153 145 16.3 -49.3 -42.9 ...
5 - attr(*, "dimnames")=List of 2
6 ..$ : chr [1:54] "1" "2" "3" "4" ...
7 ..$ : NULL
8
9 # 构建 Spatialpoints 对象 CRAN_spdf1,match.ID=TRUE 表示根据 CRAN_mat 行名和 CRAN_df 行名要对应
10 > CRAN_spdf1 <- SpatialPointsDataFrame(coords=CRAN_mat, data=CRAN_df, proj4string=llCRS,
   <-     match.ID=TRUE)
```

53



R 的空间数据类

空间点类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

9

- **SpatialPointsDataFrame** 类将 SpatialPoints 对象转换为类似 data.frame 数据结构
- **SpatialPointsDataFrame** 类通过 coords 行名和 data.frame 行名的对应顺序来构建，可以用于在空间信息后面挂载属性信息
- **SpatialPointsDataFrame** 对象有两个索引，一个用于空间对象，另一个用于列

```
1 # 构建的新对象在空间信息基础上挂载了属性信息 long, lat, place, north, east 和 loc
2 > str(CRAN_spdf1)
3 Formal class 'SpatialPointsDataFrame' [package "sp"] with 5 slots
4 ..@ data : 'data.frame': 54 obs. of 6 variables:
5 ...$ place: Factor w/ 52 levels "Aalborg", "Aizu", ...: 9 30 50 15 49 39 36 40 12 46 ...
6 ...$ north: Factor w/ 52 levels "20d45'S", "22d43'S", ...: 8 18 41 7 1 3 2 4 43 29 ...
7 ...$ east : Factor w/ 51 levels "Od10'W", "11d8d15'W", ...: 19 16 20 35 31 32 34 33 11 39 ...
8 ...$ loc : Factor w/ 30 levels "Australia", "Austria", ...: 1 1 2 3 3 3 3 3 4 19 ...
9 ...$ long : num [1:54] 153 145 16.3 -49.3 -42.9 ...
10 ...$ lat : num [1:54] -27.5 -37.8 48.2 -25.4 -20.8 ...
11 ..@ coords.nrs : num(0)
12 ..@ coords : num [1:54, 1:2] 153 145 16.3 -49.3 -42.9 ...
13 ...- attr(*, "dimnames")=List of 2
14 ... .$. : chr [1:54] "1" "2" "3" "4" ...
15 ... .$. : chr [1:2] "coords.x1" "coords.x2"
16 ..@ bbox : num [1:2, 1:2] -123 -37.8 153 57
17 ...- attr(*, "dimnames")=List of 2
18 ... .$. : chr [1:2] "coords.x1" "coords.x2"
19 ... .$. : chr [1:2] "min" "max"
20 ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
21 ... .@ projargs: chr "+proj=longlat +ellps=WGS84"
```



R 的空间数据类

空间点类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

9

- **SpatialPointsDataFrame** 类将 SpatialPoints 对象转换为类似 data.frame 数据结构
- SpatialPointsDataFrame 类通过 coords 行名和 data.frame 行名的对应顺序来构建，**可以用于在空间信息后面挂载属性信息**
- SpatialPointsDataFrame 对象有两个索引，一个用于空间对象，另一个用于列

```
1 % # 根据序号进行空间对象索引
2 > CRAN_spdf1[10, ]
3   coordinates place north east      loc    long    lat
4 10 (-79.38333, 43.65) Toronto 43d39'N 79d23'W Ontario (CAN) -79.38333 43.65
5
6 # 根据列进行索引，用法和 data.frame 类型的列索引一样，有两种等价的方法
7 > str(CRAN_spdf1$loc)
8 Factor w/ 30 levels "Australia","Austria",...: 1 1 2 3 3 3 3 4 19 ...
9 > str(CRAN_spdf1[["loc"]])
10 Factor w/ 30 levels "Australia","Austria",...: 1 1 2 3 3 ...
```

53

R 的空间数据类

空间点类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

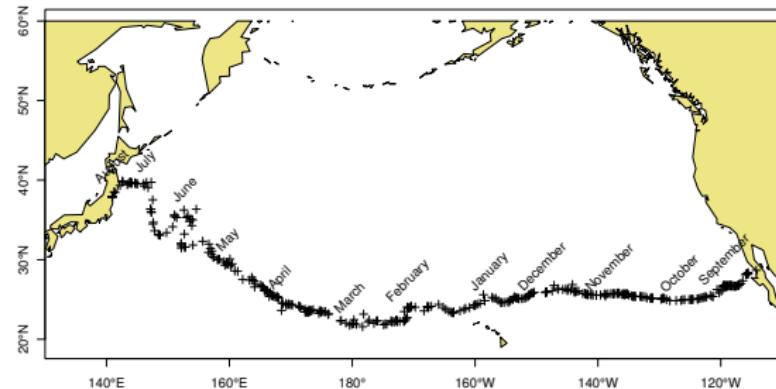
基于 lattice 的
绘图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

53

```

1 %> str(turtle_sp)
2 Formal class 'SpatialPointsDataFrame' [package "sp"] with 5 slots
3 ..@ data      : 'data.frame': 394 obs. of 3 variables:
4 ...$ id       : int [1:394] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...
5 ...$ obs_date : Factor w/ 394 levels "01/02/1997 04:16:53",... 216 225 226 227 228 229 230 231
6     ← 232 233 ...
7 ...$ timestamp: POSIXct[1:394], format: "1996-08-11 01:15:00" "1996-08-17 15:18:23" ...
8 ..@ coords.nrs: int [1:2] 3 2
9 ..@ coords    : num [1:394, 1:2] 246 244 244 244 244 ...
10 ...- attr(*, "dimnames")=List of 2
11 ... .$. : chr [1:394] "366" "367" "368" "369" ...
12 ... .$. : chr [1:2] "lon" "lat"
13 ..@ bbox      : num [1:2, 1:2] 140.9 21.6 245.8 39.8
14 ...- attr(*, "dimnames")=List of 2
15 ... .$. : chr [1:2] "lon" "lat"
16 ... .$. : chr [1:2] "min" "max"
17 ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
18 ... .@ projargs: chr "+proj=longlat +ellps=WGS84"
```



R 的空间数据类

空间点类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

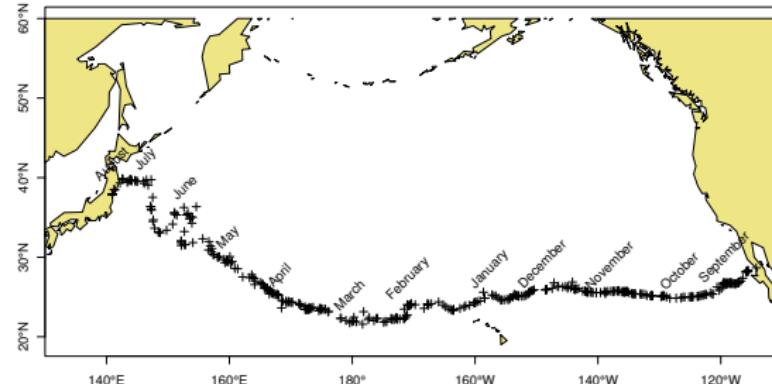
基于 ggplot2 的
绘图方法

53

```

1 %> head(turtle_sp,15)
2   coordinates id      obs_date      timestamp
3 366 (245.763, 28.668) 1 08/11/1996 01:15:00 1996-08-11 01:15:00
4 367 (244.427, 28.365) 2 08/17/1996 15:18:23 1996-08-17 15:18:23
5 368 (244.38, 28.26) 3 08/18/1996 14:57:44 1996-08-18 14:57:44
6 369 (244.323, 28.252) 4 08/18/1996 16:34:26 1996-08-18 16:34:26
7 370 (244.441, 28.185) 5 08/19/1996 14:31:33 1996-08-19 14:31:33
8 371 (244.235, 28.168) 6 08/19/1996 16:14:17 1996-08-19 16:14:17
9 372 (244.074, 28.171) 7 08/20/1996 14:12:10 1996-08-20 14:12:10
10 373 (244.104, 28.133) 8 08/20/1996 15:54:27 1996-08-20 15:54:27
11 374 (243.578, 27.361) 9 08/22/1996 15:11:14 1996-08-22 15:11:14
12 375 (243.282, 27.004) 10 08/23/1996 16:28:05 1996-08-23 16:28:05
13 237 (242.991, 26.876) 11 08/24/1996 14:28:13 1996-08-24 14:28:13
14 238 (242.947, 26.84) 12 08/24/1996 16:05:20 1996-08-24 16:05:20
15 239 (242.919, 26.83) 13 08/24/1996 20:00:25 1996-08-24 20:00:25
16 240 (242.874, 26.781) 14 08/25/1996 03:18:47 1996-08-25 03:18:47
17 241 (242.676, 26.762) 15 08/25/1996 15:41:11 1996-08-25 15:41:11

```





R 的空间数据类

空间线类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的
绘图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

11

- GIS 中线对象是点对象的集合，在 sp 包中用 Line 类来表达；而 Line 的集合又构成 Lines 类，其中不同 Line 通过 NA 值来区分
- 但是 Line 和 Lines 不包含约束盒和坐标系统，所以 sp 包提供 SpatialLines 类用来专门表达空间线对象
- SpatialLines 类继承自 Spatial 类，除 bbox 和 CRS 之外，还扩展了一个 list 类型的属性 lines 用来存储 Lines 对象

```
1 % # Line 类包含属性 coords 用来存储构成线的连续点坐标矩阵
2 > getClass("Line")
3 Class "Line" [package "sp"]
4
5 Slots:
6
7 Name: coords
8 Class: matrix
9
10 Known Subclasses: "Polygon"
11
12 # Lines 类包含一个属性 Lines 用来存储一系列 Line 对象，另一个属性 ID 用来标识 Line 对象的唯一性
13 > getClass("Lines")
14 Class "Lines" [package "sp"]
15
16 Slots:
17
18 Name: Lines ID
19 Class: list character
```

53



R 的空间数据类

空间线类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

11

- GIS 中线对象是点对象的集合，在 sp 包中用 Line 类来表达；而 Line 的集合又构成 Lines 类，其中不同 Line 通过 NA 值来区分
- 但是 Line 和 Lines 不包含约束盒和坐标系统，所以 sp 包提供 SpatialLines 类用来专门表达空间线对象
- SpatialLines 类继承自 Spatial 类，除 bbox 和 CRS 之外，还扩展了一个 list 类型的属性 lines 用来存储 Lines 对象

```
1 %> getClass("SpatialLines")
2 Class "SpatialLines" [package "sp"]
3 
4 Slots:
5 
6 Name:      lines          bbox proj4string
7 Class:     list            matrix        CRS
8 
9 Extends:  "Spatial"
10 
11 Known Subclasses: "SpatialLinesDataFrame"
```

53



R 的空间数据类

空间线类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

11

- GIS 中线对象是点对象的集合，在 sp 包中用 Line 类来表达；而 Line 的集合又构成 Lines 类，其中不同 Line 通过 NA 值来区分
- 但是 Line 和 Lines 不包含约束盒和坐标系统，所以 sp 包提供 SpatialLines 类用来专门表达空间线对象
- SpatialLines 类继承自 Spatial 类，除 bbox 和 CRS 之外，还扩展了一个 list 类型的属性 lines 用来存储 Lines 对象

```
1 %> library(maps)
2 # 获取中国地图
3 > china<- map("world", "china", plot=FALSE)
4 # 台湾是中国领土不可分割的一部分!
5 > tw <- map("world", "taiwan", plot=FALSE)
6 > china$x <- c(china$x,NA,tw$x)
7 > china$y <- c(china$y,NA,tw$y)
8 > china$range <- c(range(china$range[1:2],tw$range[1:2]),range(china$range[3:4],tw$range[3:4]))
9 > china$names <- c(china$names,tw$names)
10 > p4s <- CRS("+proj=longlat +ellps=WGS84")
11 > library(maptools)
12 # 用 map2SpatialLines 将地图数据转换为 SpatialLines 对象
13 > SLchina <- map2SpatialLines(china,proj4string=p4s)
14 > str(SLchina, max.level=2)
15 Formal class 'SpatialLines' [package "sp"] with 3 slots
16   ..@ lines    :List of 41 # 由 41 个 line 对象组成
17   ..@ bbox     : num [1:2, 1:2] 73.6 18.2 134.8 53.6
18   ... - attr(*, "dimnames")=List of 2
19   ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
```

53



R 的空间数据类

空间线类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

11

- GIS 中线对象是点对象的集合，在 sp 包中用 **Line** 类来表达；而 Line 的集合又构成 **Lines** 类，其中不同 Line 通过 NA 值来区分
- 但是 Line 和 Lines 不包含约束盒和坐标系统，所以 sp 包提供 **SpatialLines** 类用来专门表达空间线对象
- SpatialLines 类继承自 Spatial 类，除 bbox 和 CRS 之外，还扩展了一个 list 类型的属性 **lines** 用来存储 Lines 对象



53

R 的空间数据类

空间线类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

12

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的
绘图方法

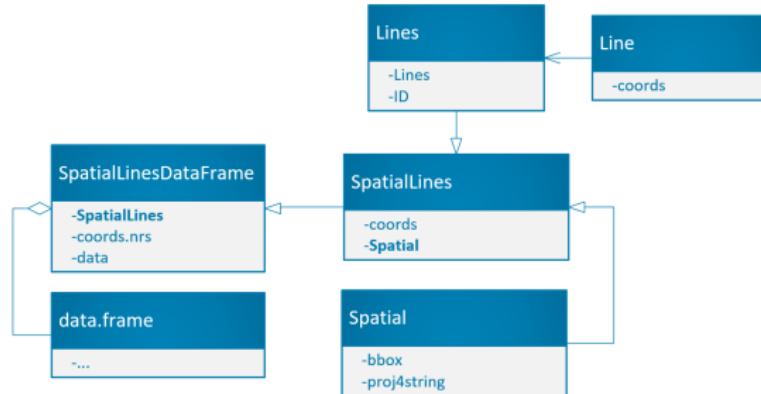
基于 ggplot2 的
绘图方法

- 类似空间点, sp 包提供 **SpatialLinesDataFrame** 类将 SpatialLines 对象转换为类似 data.frame 数据结构, 用于挂载属性数据

```

1 %> getClass("SpatialLinesDataFrame")
2 Class "SpatialLinesDataFrame" [package "sp"]
3 
4 Slots:
5 
6 Name:      data      lines      bbox proj4string
7 Class:  data.frame   list     matrix           CRS
8 
9 Extends:
10 Class "SpatialLines", directly
11 Class "Spatial", by class "SpatialLines", distance 2
12

```



R 的空间数据类

空间线类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

12

- 类似空间点, sp 包提供 **SpatialLinesDataFrame** 类将 SpatialLines 对象转换为类似 data.frame 数据结构, 用于挂载属性数据

```
1 % # maptools 包中的 ContourLines2SLDF 函数将 contourLines 返回值转换为 SpatialLinesDataFrame 对象
2 > volcano_sl <- ContourLines2SLDF(contourLines(volcano))
3 # volcano_sl 的 data slot 包含 10 个不同的等高线水平标签
4 > t(volcano_sl@data)
5   C_1   C_2   C_3   C_4   C_5   C_6   C_7   C_8   C_9   C_10
6 level "100" "110" "120" "130" "140" "150" "160" "170" "180" "190"
```



53



R 的空间数据类

空间面类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

13

```
1 % # Polygon 类包含属性 coords 用来存储起始和终止坐标相同的点坐标矩阵
2 > getClass("Polygon")
3 Class "Polygon" [package "sp"]
4
5 Slots:
6
7 Name: labpt area hole ringDir coords
8 Class: numeric numeric logical integer matrix
9
10 Extends: "Line"
11
12 # Polygons 类包含一个属性 Polygons 用来存储一系列 Polygon 对象，另一个属性 ID 用来标识 Polygon 对象的唯
13   一性
14 > getClass("Polygons")
15 Class "Polygons" [package "sp"]
16
17 Slots:
18
19 Name: Polygons plotOrder labpt ID area
20 Class: list integer numeric character numeric
```



R 的空间数据类

空间面类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

13

- 在 GIS 中面是一个封闭的环 (ring)，用起始和终止坐标相同的点集存储，sp 包定义 **Polygon** 类来表示面；一系列面对象构成 **Polygons** 类，其中不同 Polygon 通过 NA 值来区分
- 在面对象基础上，sp 包继承 Spatial 类定义 **SpatialPolygons** 类来表达空间面对象，使其具有 bbox 和 CRS

```
1 %> getClass("SpatialPolygons")
2 Class "SpatialPolygons" [package "sp"]
3 
4 Slots:
5 
6 Name:      polygons    plotOrder      bbox proj4string
7 Class:      list        integer       matrix      CRS
8 
9 Extends: "Spatial", "SpatialPolygonsNULL"
10 
11 Known Subclasses:
12 Class "SpatialPolygonsDataFrame", directly, with explicit coerce
```

53

R 的空间数据类

空间面类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

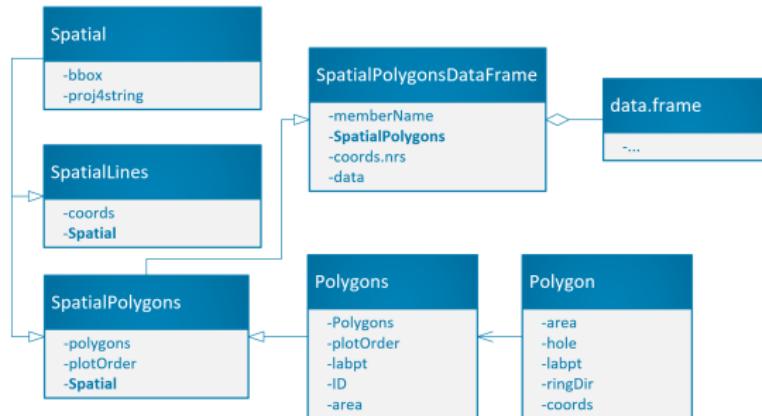
14

- sp 包提供 SpatialPolygonsDataFrame 类将 SpatialPolygons 对象转换为类似 data.frame 数据结构，用于挂载属性数据

```

1 %> getClass("SpatialPolygonsDataFrame")
2 Class "SpatialPolygonsDataFrame" [package "sp"]
3
4 Slots:
5
6   Name:      data      polygons    plotOrder      bbox proj4string
7   Class: data.frame     list       integer      matrix      CRS
8
9 Extends:
10 Class "SpatialPolygons", directly
11 Class "Spatial", by class "SpatialPolygons", distance 2
12 Class "SpatialPolygonsNULL", by class "SpatialPolygons", distance 2, with explicit coerce

```





R 的空间数据类

空间面类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

14

- sp 包提供 SpatialPolygonsDataFrame 类将 SpatialPolygons 对象转换为类似 data.frame 数据结构，用于挂载属性数据

```
1 % # 从 maps 包中读取美国州边界地图
2 > library(maps)
3 > state.map <- map("state", plot=FALSE, fill=TRUE)
4 > IDs <- sapply(strsplit(state.map$names, ":"), function(x) x[1])
5 > library(mapproj)
6 > state.sp <- map2SpatialPolygons(state.map, IDs=IDs,
7   proj4string=CRS("+proj=longlat +ellps=WGS84"))
8
9 # 读取属性数据文件
10 > sat <- read.table("data/state.sat.data_mod.txt", row.names=5, header=TRUE)
11 # 属性数据包括四个字段
12 > str(sat)
13 'data.frame': 52 obs. of 4 variables:
14   $ oname : Factor w/ 52 levels "ala", "alaska", ... : 1 2 3 4 5 6 7 9 8 10 ...
15   $ vscore: int 561 516 524 563 497 536 510 503 494 499 ...
16   $ mscore: int 555 514 525 556 514 540 509 497 478 498 ...
17   $ pc    : int 9 50 34 6 49 32 80 67 77 53 ...
18 # 为属性数据添加 ID 字段，用于和空间对象进行关联
19 > id <- match(row.names(sat), row.names(state.sp))
20 > row.names(sat)[is.na(id)]
21 > sat1 <- sat[!is.na(id),]
22 # 创建 SpatialPolygonsDataFrame 对象
23 > state.spdf <- SpatialPolygonsDataFrame(state.sp, sat1)
24 > str(state.spdf, max.level=2)
25 Formal class 'SpatialPolygonsDataFrame' [package "sp"] with 5 slots
26   ..@ data     :'data.frame': 49 obs. of 4 variables:
27   ..@ polygons  :List of 49
28   ..@ plotOrder : int [1:49] 42 25 4 30 27 2 5 49 36 22 ...
29   ..@ bbox     : num [1:2, 1:2] -124.7 25.1 -67 49.4
30   ..-. attr(*, "dimnames")=List of 2
31   ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
```

53

R 的空间数据类

空间面类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

14



- sp 包提供 SpatialPolygonsDataFrame 类将 SpatialPolygons 对象转换为类似 data.frame 数据结构，用于挂载属性数据

```
1 % # 从 SpatialPolygonsDataFrame 对象中取得特定的数据
2 > california <- state.spdf[state.spdf$oname=="calif",]
3 > str(california,max.level=2)
4 Formal class 'SpatialPolygonsDataFrame' [package "sp"]
5   ↪ with 5 slots
6   ..@ data    : 'data.frame': 1 obs. of  4 variables:
7   ..@ polygons : List of 1
8   ..@ plotOrder: int 1
9   ..@ bbox     : num [1:2, 1:2] -124.4 32.5 -114.1 42
10  ...- attr(*, "dimnames")=List of 2
11  ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"]
12  ...- attr(*, "dimnames")=List of 2
13  ..@ data      : 'data.frame': 1 obs. of  4 variables:
14  ..@ oname     : chr "calif"
15  ..@ vscore    : num 497
16  ..@ mscore    : num 514
17  ..@ pc        : num 49
```

53



R 的空间数据类

空间面类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

15

- 在地理实体中，除了岛 (island) 这种简单的面对象之外，还存在洞 (hole) 这种特殊的面对象，在 sp 包中简单通过逻辑标记 hole 定义面对象是否是洞
- 如果 hole 没有指定，那么可以通过 ringDir 属性来判定环的方向，1 表示顺时针则是岛，-1 表示逆时针是洞
- Polygons 类的 plotOrder 属性用来处理复杂面集合的绘制顺序

```
1 > getClass("Polygon")
2 Class "Polygon" [package "sp"]
3 
4 Slots:
5 
6 Name: labpt area hole ringDir coords
7 Class: numeric numeric logical integer matrix
8 
9 Extends: "Line"
10 > getClass("Polygons")
11 Class "Polygons" [package "sp"]
12 
13 Slots:
14 
15 Name: Polygons $plotOrder labpt ID area
16 Class: list integer numeric character numeric
```



R 的空间数据类

空间面类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

15

- 在地理实体中，除了岛 (island) 这种简单的面对象之外，还存在洞 (hole) 这种特殊的面对象，在 sp 包中简单通过逻辑标记 hole 定义面对象是否是洞
- 如果 hole 没有指定，那么可以通过 ringDir 属性来判定环的方向，1 表示顺时针则是岛，-1 表示逆时针是洞
- Polygons 类的 plotOrder 属性用来处理复杂面集合的绘制顺序

```
1 # 加载一个包含洞对象和岛对象的数据
2 > load("data/high.RData")
3 > manitoulin_sp <- high$SP
4 # 数据只有一个 Polygons
5 > length(manitoulin_sp@polygons)
6 > 1
7 # Polygons 中包含 19 个 Polygon
8 > str(manitoulin_sp@polygons[[1]],max.level=2)
9 Formal class 'Polygons' [package "sp"] with 5 slots
10 ..@ Polygons :List of 19
11   ..@ plotOrder: int [1:19] 1 2 3 4 18 17 19 5 6 7 ...
12   ..@ labpt   : num [1:2] 278 46
13   ..@ ID      : chr "2"
14   ..@ area    : num 0.694
15 # 19 个 Polygon 中有 4 个洞, 15 个岛
16 > sapply(manitoulin_sp@polygons[[1]]@Polygons, function(x) slot(x, "hole"))
17 [1] FALSE TRUE FALSE FALSE
18 [13] FALSE FALSE FALSE FALSE TRUE TRUE TRUE
19 > sapply(manitoulin_sp@polygons[[1]]@Polygons, function(x) slot(x, "ringDir"))
20 [1] 1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 -1
```

53

R 的空间数据类

空间面类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

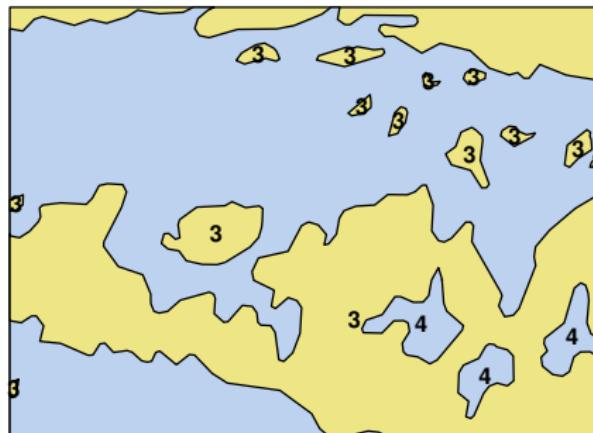
基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

15

- 在地理实体中，除了岛 (island) 这种简单的面对象之外，还存在洞 (hole) 这种特殊的面对象，在 sp 包中简单通过逻辑标记 **hole** 定义面对象是否是洞
- 如果 hole 没有指定，那么可以通过 **ringDir** 属性来判定环的方向，1 表示顺时针则是岛，-1 表示逆时针是洞
- Polygons 类的 **plotOrder** 属性用来处理复杂面集合的绘制顺序



图：先绘制大陆，接着是湖，然后是岛，最后是岛上的湖



R 的空间数据类

栅格数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

16

- sp 包除了矢量数据，还提供了 SpatialGrid 类和 SpatialPixel 类用于表达栅格数据
- GridTopology 类用于表达基本的网格对象，SpatialGrid 类在此基础上继承了 Spatial 类，使其具有 bbox 和 CRS 属性

53



R 的空间数据类

栅格数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

16

- sp 包除了矢量数据，还提供了 SpatialGrid 类和 SpatialPixel 类用于表达栅格数据
- GridTopology 类用于表达基本的网格对象，SpatialGrid 类在此基础上继承了 Spatial 类，使其具有 bbox 和 CRS 属性

```
1 # 通过左下角网格中心点坐标、网格尺寸和网格数目三个属性来定义基本网格
2 > getClass("GridTopology")
3 Class "GridTopology" [package "sp"]
4
5 Slots:
6
7 Name: cellcentre.offset      cells.dim
8 Class: numeric               integer
9 # 定义一个 bbox 范围
10 > b <- bbox(manitoulin_sp)
11 > bb
12   min   max
13 x 277.0 278.0
14 y 45.7 46.2
15 # 定义左小角中心点坐标和网格尺寸
16 > cs <- c(0.01, 0.01)
17 > cc <- bb[,1]+(cs/2)
18 # 定义 x 和 y 两个方向的网格数目
19 > cd <- ceiling(diff(t(bb))/cs)
20 # 创建一个 GridTopology 对象
21 > manitoulin_grd <- GridTopology(cellcentre.offset=cc, cells.dim=cd)
22 > manitoulin_grd
23
24   x       y
25 cellcentre.offset 277.005 45.705
26   cells.dim        0.010  0.010
27   cells.dim        100.000 50.000
```

53



R 的空间数据类

栅格数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

16

- sp 包除了矢量数据，还提供了 SpatialGrid 类和 SpatialPixel 类用于表达栅格数据
- GridTopology 类用于表达基本的网格对象，SpatialGrid 类在此基础上继承了 Spatial 类，使其具有 bbox 和 CRS 属性

```
1 > getClass("SpatialGrid")
2 Class "SpatialGrid" [package "sp"]
3 
4 Slots:
5 
6 Name:           grid           bbox  proj4string
7 Class: GridTopology      matrix        CRS
8 
9 Extends: "Spatial"
10 
11 Known Subclasses: "SpatialGridDataFrame"
12 > p4s <- CRS(proj4string(manitoulin_sp))
13 # 创建 SpatialGrid 对象
14 > manitoulin_SG <- SpatialGrid(manitoulin_grd, proj4string=p4s)
15 > summary(manitoulin_SG)
16 Object of class SpatialGrid
17 Coordinates:
18     min   max
19 x 277.0 278.0
20 y 45.7  46.2
21 Is projected: FALSE
22 proj4string :
23 [+proj=longlat +datum=WGS84 +ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0]
24 Grid attributes:
25   cellcentre.offset cellsize cells.dim
26 x          277.005    0.01       100
27 y          45.705    0.01       50
```

53

R 的空间数据类

栅格数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

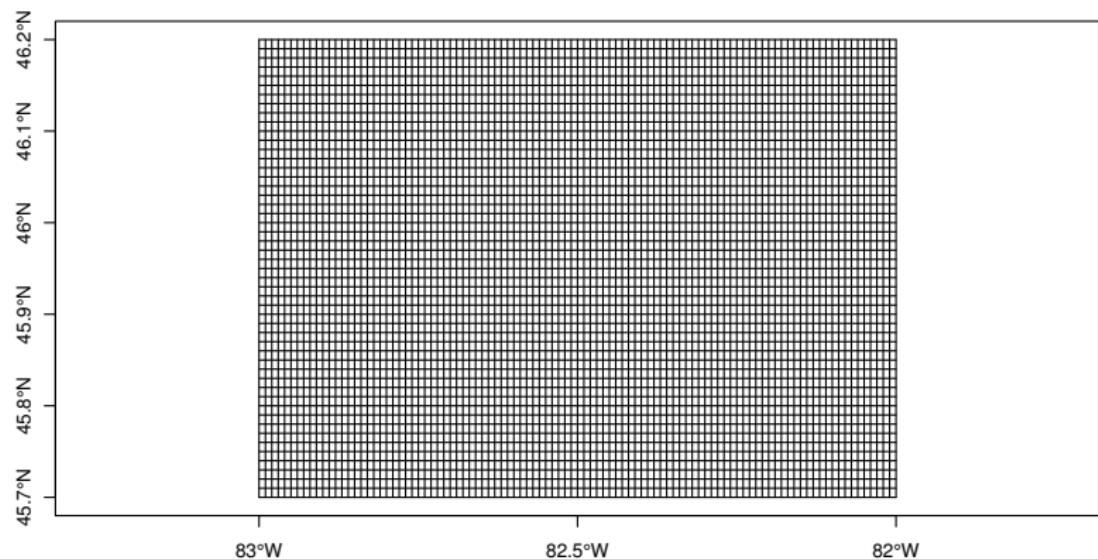
空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- sp 包除了矢量数据，还提供了 SpatialGrid 类和 SpatialPixel 类用于表达栅格数据
- GridTopology 类用于表达基本的网格对象，**SpatialGrid** 类在此基础上继承了 Spatial 类，使其具有 bbox 和 CRS 属性





R 的空间数据类

栅格数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

17

- sp 包提供 SpatialGridDataFrame 类将 SpatialGrid 对象转换为类似 data.frame 数据结构，用于挂载网格上的属性，例如高程、温度、风力、颜色等
- SpatialGridDataFrame 类的数据属性存储完整网格的全部属性数据，包括 NA 值的

```
1 # 读取一个 Geotiff 格式栅格数据数据到 SpatialGridDataFrame 对象 auck_el1
2 > library(rgdal)
3 > auck_el1 <- readGDAL("data/70042108.tif")
4 # 对象是由 1320*1200 的维度构成
5 > auck_el1@grid
6
7   x           y
cellcentre.offset 1.742004e+02 -3.749958e+01
8   cellsize      8.333333e-04  8.333333e-04
9   cells.dim    1.320000e+03  1.200000e+03
10 # data 存储了完整的 1584000 个网格的属性数据
11 > str(auck_el1,max.level=2)
12 Formal class 'SpatialGridDataFrame' [package "sp"] with 4 slots
13   ..@ data       : 'data.frame': 1584000 obs. of  1 variable:
14   ..@ grid       : Formal class 'GridTopology' [package "sp"] with 3 slots
15   ..@ bbox       : num [1:2, 1:2] 174.2 -37.5 175.3 -36.5
16   ..@ .dimnames :List of 2
17     ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
18   # data 属性只有一个 band1 字段，表示海拔高程；将高程等于或者小于 0 米的网格设置为 NA
19 > str(auck_el1@data)
20
21 'data.frame': 1584000 obs. of  1 variable:
22 $ band1: num  40 45 42 34 42 59 79 99 113 127 ...
23 > is.na(auck_el1$band1) <- auck_el1$band1 <= 0
24 > summary(auck_el1$band1)
25
26   Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max. NA's
27   1.0   23.0   53.0  78.1  106.0  686.0  791938
```

53



R 的空间数据类

栅格数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

18

- sp 包还提供了 SpatialPixels 类实现另一种栅格数据表达；与 SpatialGrid 相比，SpatialPixels 增加了 grid.index 和 coords 属性，分别用于存储网格索引和中心点坐标
- 一个好处是在 SpatialPixelsDataFrame 类中只存储非 NA 值的 网格属性，可以减小 data 属性的存储空间和处理时间
- 另一个好处是可以将栅格数据以空间点存储在外部数据库中，也可以由空间点类创建栅格数据

```
1 > getClass("SpatialPixels")
2 Class "SpatialPixels" [package "sp"]
3 
4 Slots:
5 
6 Name:      grid   grid.index      coords      bbox   proj4string
7 Class: GridTopology    integer     matrix      matrix      CRS
8 
9 Extends:
10 Class "SpatialPoints", directly
11 Class "Spatial", by class "SpatialPoints", distance 2
12 
13 Known Subclasses: "SpatialPixelsDataFrame"
```

53



R 的空间数据类

栅格数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

18

- sp 包还提供了 SpatialPixels 类实现另一种栅格数据表达；与 SpatialGrid 相比，SpatialPixels 增加了 grid.index 和 coords 属性，分别用于存储网格索引和中心点坐标
- 一个好处是在 SpatialPixelsDataFrame 类中 只存储非 NA 值的 网格属性，可以减小 data 属性的存储空间和处理时间
- 另一个好处是可以 将栅格数据以空间点存储在外部数据库中，也可以由空间点类创建栅格数据

```
1 # 转换为 SpatialPixelsDataFrame 类
2 > auck_el2 <- as(auck_el1, "SpatialPixelsDataFrame")
3 # 由于 data 属性只存储非 NA 值，因此只有 792062 维度
4 # grid.index 属性用于网格索引，只存储非 NA 值网格的序号
5 # coords 属性可以和 SpatialPoints 美互相转换适合在外部数据库中存储
6 > str(auck_el2, max.level=2)
7 Formal class 'SpatialPixelsDataFrame' [package "sp"] with 7 slots
8   ..@ data      : 'data.frame': 792062 obs. of  1 variable:
9   ..@ coords.nrs : num(0)
10  ..@ grid       :Formal class 'GridTopology' [package "sp"] with 3 slots
11  ..@ grid.index : int [1:792062] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...
12  ..@ coords     : num [1:792062, 1:2] 174 174 174 174 174 ...
13  ....- attr(*, "dimnames")=List of 2
14  ..@ bbox       : num [1:2, 1:2] 174.2 -37.5 175.3 -36.5
15  ....- attr(*, "dimnames")=List of 2
16  ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
```



R 的空间数据类

栅格数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

18

- sp 包还提供了 SpatialPixels 类实现另一种栅格数据表达；与 SpatialGrid 相比，SpatialPixels 增加了 grid.index 和 coords 属性，分别用于存储网格索引和中心点坐标
- 一个好处是在 SpatialPixelsDataFrame 类中 只存储非 NA 值的 网格属性，可以减小 data 属性的存储空间和处理时间
- 另一个好处是可以 将栅格数据以空间点存储在外部数据库中，也可以由空间点类创建栅格数据

```
1 # SpatialPixelsDataFrame 减少了 data 属性存储空间
2 > object.size(auck_el1@data)
3 12672672 bytes
4 > object.size(auck_el2@data)
5 9505408 bytes
6
7 # 虽然 data 不用存储 NA 值，但是 SpatialPixelsDataFrame 需要额外存储 coords 和 grid.index,
8 # 所以如果属性很少，而且非 NA 值比例不高的情况下，反而占的空间比较大
9 > object.size(auck_el1) # SpatialGridDataFrame 不用存储 coords 和 grid.index
10 12676296 bytes
11 > object.size(auck_el2@grid.index) # grid.index 另外占用空间
12 3168288 bytes
13 > object.size(auck_el2@coords) # coords 另外占用空间
14 12673512 bytes
15 # 占用空间几乎是 SpatialGridDataFrame 的二倍，但是在处理速度上由于有 grid.index 索引，
16 # 因此比 SpatialGridDataFrame 要快
17 > object.size(auck_el2)
18 25351272 bytes
```

53

R 的空间数据类

栅格数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

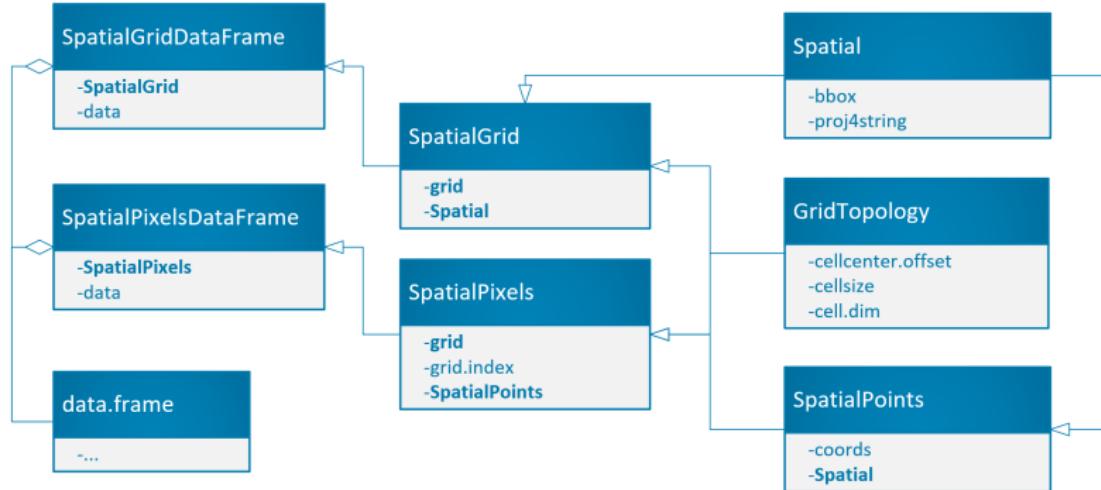
基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

18

- sp 包还提供了 SpatialPixels 类实现另一种栅格数据表达；与 SpatialGrid 相比，SpatialPixels 增加了 grid.index 和 coords 属性，分别用于存储网格索引和中心点坐标
- 一个好处是在 SpatialPixelsDataFrame 类中 只存储非 NA 值的 网格属性，可以减小 data 属性的存储空间和处理时间
- 另一个好处是可以 将栅格数据以空间点存储在外部数据库中，也可以由空间点类创建栅格数据



53



R 的空间数据类

栅格数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

19

- sp 包处理栅格数据的方式是将所有数据一次性读入内存，但是这样对于大数据量可能会导致内存溢出，因此从 2010 年开始 CRAN 发布了 **raster 包**，可以将栅格数据分块读入内存
- raster 包提供 **raster 函数** 将参数读入内存创建 **RasterLayer** 对象，而并不读入网格数据；当需要读取数据到内存时，则调用 **getValues** 或 **extract** 函数

53



R 的空间数据类

栅格数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

19

- sp 包处理栅格数据的方式是将所有数据一次性读入内存，但是这样对于大数据量可能会导致内存溢出，因此从 2010 年开始 CRAN 发布了 raster 包，可以将栅格数据分块读入内存
- raster 包提供 raster 函数值将参数读入内存创建 RasterLayer 对象，而并不读入网格数据；当需要读取数据到内存时，则调用 getValues 或 extract 函数

```
1 > library(raster)
2 # 读取栅格文件数据到 RasterLayer 对象
3 > r <- raster("data/70042108.tif")
4 # RasterLayer 对象只存储数据的参数，包括维度、分辨率、范围、CRS、文件路径和名称
5 > r
6 class       : RasterLayer
7 dimensions  : 1200, 1320, 1584000 (nrow, ncol, ncell)
8 resolution  : 0.0008333333, 0.0008333333 (x, y)
9 extent      : 174.2, 175.3, -37.5, -36.5 (xmin, xmax, ymin, ymax)
10 coord. ref. : +proj=longlat +datum=WGS84 +no_defs +ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0
11 data source : /home/mono/Documents/tex_projects/r_guide_slide/data/70042108.tif
12 names       : X70042108
13 # 并没有将网格数据读入内存，因此只占用很小的空间
14 > inMemory(r)
15 [1] FALSE
16 > object.size(r)
17 12032 bytes
18 # 用 getValues 函数将所有网格数据读入内存
19 > rs <- getValues(r)
20 > object.size(rs)
21 12672040 bytes
```

53



R 的空间数据类

栅格数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

20

- RasterLayer 只能表达一个属性的栅格数据，而有多个属性时，则可以在相同的空间范围和分辨率网格中叠加存储数据，raster 包提供了 brick 和 stack 两个函数来实现
- brick 函数读入一个包含多层栅格数据的文件，而 stack 函数读入多个只包含一层栅格数据的文件；brick 函数创建 RasterBrick 对象，而 stack 函数创建 RasterStack 对象

53



R 的空间数据类

栅格数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

20

- RasterLayer 只能表达一个属性的栅格数据，而有多个属性时，则可以在相同的空间范围和分辨率网格中叠加存储数据，raster 包提供了 brick 和 stack 两个函数来实现
- brick 函数读入一个包含多层栅格数据的文件，而 stack 函数读入多个只包含一层栅格数据的文件；brick 函数创建 Raster-Brick 对象，而 stack 函数创建 RasterStack 对象

```
1 > library(raster)
2 # 读取并创建一个 RasterLayer 对象
3 > data <- system.file("external/test.grd", package="raster")
4 > r1 <- raster(data)
5 > nlayers(r1) # r1 对象只包含一层数据，也就是一个属性
6 [1] 1
7 # 创建第二个 RasterLayer 对象
8 > r2 <- r1 * r1
9 # 创建第三个 RasterLayer 对象
10 > r3 <- sqrt(r1)
11 # 三个具有相同空间范围和分辨率的 RasterLayer 对象通过 stack 函数叠加后创建 RasterStack 对象
12 > s <- stack(r1,r2,r3)
13 > s # 创建的 RasterStack 对象包括三个数据层
14 class       : RasterStack
15 dimensions  : 115, 80, 9200, 3 (nrow, ncol, ncell, nlayers)
16 resolution   : 40, 40 (x, y)
17 extent      : 178400, 181600, 329400, 334000 (xmin, xmax, ymin, ymax)
18 coord. ref. : +init=epsg:28992 +towgs84=565.237,50.0087,465.658,-0.406857,0.350733,-1.87035,4.0812
19           ↗ +proj=sterea +lat_0=52.15616055555555 +lon_0=5.38763888888889 +k=0.9999079 +x_0=155000
20           ↗ +y_0=463000 +ellps=bessel +units=m +no_defs
21 names       : test, layer.1, layer.2
22 min values  : 128.43401, 16495.29383, 11.33287
23 max values : 1.805780e+03, 3.260842e+06, 4.249447e+01
```

53

R 的空间数据类

栅格数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

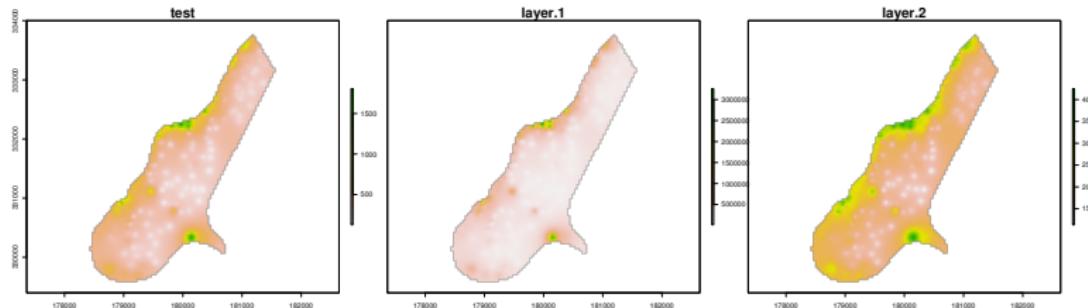
基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

20

- RasterLayer 只能表达一个属性的栅格数据，而有多个属性时，则可以在相同的空间范围和分辨率网格中叠加存储数据，raster 包提供了 brick 和 stack 两个函数来实现
- brick 函数读入一个包含多层栅格数据的文件，而 stack 函数读入多个只包含一层栅格数据的文件；brick 函数创建 Raster-Brick 对象，而 stack 函数创建 RasterStack 对象



53



R 的空间数据类

栅格数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

20

- RasterLayer 只能表达一个属性的栅格数据，而有多个属性时，则可以在相同的空间范围和分辨率网格中叠加存储数据，raster 包提供了 brick 和 stack 两个函数来实现
- brick 函数读入一个包含多层栅格数据的文件，而 stack 函数读入多个只包含一层栅格数据的文件；brick 函数创建 RasterBrick 对象，而 stack 函数创建 RasterStack 对象

```
1 # 读取一个包含多层数据的栅格文件
2 > b <- brick(system.file("external/rlogo.grd", package="raster"))
3 # brick 函数创建的 RasterBrick 对象
4 > b
5 class      : RasterBrick
6 dimensions : 77, 101, 7777, 3 (nrow, ncol, ncell, nlayers)
7 resolution : 1, 1 (x, y)
8 extent     : 0, 101, 0, 77 (xmin, xmax, ymin, ymax)
9 coord. ref. : +proj=merc +datum=WGS84 +ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0
10 data source: /home/mono/Softwares/R/3.4/raster/external/rlogo.grd
11 names      : red, green, blue
12 min values : 0, 0, 0
13 max values : 255, 255, 255
14 # RasterBrick 对象包含三层数据
15 > nlayers(b)
16 [1] 3
17 # 三层数据对应的三个属性
18 > names(b)
19 [1] "red"   "green" "blue"
```

53



R 的空间数据类

栅格数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

21

- raster 包提供 **blockSize** 函数对栅格数据进行分块，分块按照整行读取，根据行数确定分块大小
- **writeValues** 函数将分块数据写入文件，**writeStart** 和 **writeStop** 函数则控制此写入过程的起始和终止

53



R 的空间数据类

栅格数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的
绘图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

21

- raster 包提供 **blockSize** 函数对栅格数据进行分块，分块按照整行读取，根据行数确定分块大小
- **writeValues** 函数将分块数据写入文件，**writeStart** 和 **writeStop** 函数则控制此写入过程的起始和终止

```
1 > out <- raster("data/70042108.tif")
2 > bs <- blockSize(out)
3 > bs # 默认分块数为 4, row 是每块起始的行号, nrows 是每个分块的行数
4 $row
5 [1] 1 301 601 901
6 $nrows
7 [1] 300 300 300 300
8 $n
9 [1] 4
10 # 开始写入操作, 创建一个临时文件
11 > out <- writeStart(out, filename=tempfile(), overwrite=TRUE)
12 > for (i in 1:bs$n) {
13 +   v <- getValues(r, row=bs$row[i], nrows=bs$nrows[i]) # 读取分块数据
14 +   v[v <= 0] <- NA # 分块中高程小于或等于 0 米的数据设置为 NA 值
15 +   writeValues(out, v, bs$row[i])) # 将分块数据写入临时文件
16 # 结束写入操作, 释放文件锁
17 > out <- writeStop(out)
18 > out # 从 data source 可以看到写入文件的位置
19 class : RasterLayer
20 dimensions : 1200, 1320, 1584000 (nrow, ncol, ncell)
21 resolution : 0.0008333333, 0.0008333333 (x, y)
22 extent : 174.2, 175.3, -37.5, -36.5 (xmin, xmax, ymin, ymax)
23 coord. ref. : +proj=longlat +datum=WGS84 +no_defs +ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0
24 data source : /tmp/RtmpNPhsrD/file177423e63b141.grd
25 names : layer
26 values : NA, NA (min, max)
```

53

R 的空间数据类

栅格数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

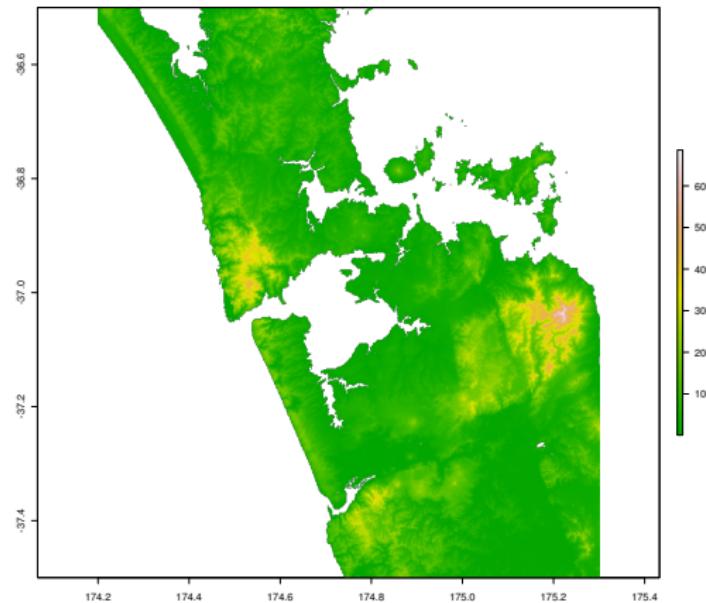
基础绘图方法

基于 lattice 的
绘图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

21

- raster 包提供 **blockSize** 函数对栅格数据进行分块，分块按照整行读取，根据行数确定分块大小
- **writeValues** 函数将分块数据写入文件，**writeStart** 和 **writeStop** 函数则控制此写入过程的起始和终止



53



R 的空间数据类

栅格数据类

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

22

- sp 包和 raster 包的栅格数据类可以互相转换，例如 RasterLayer 对象可以强制转换为 SpatialGridDataFrame 对象，反之亦可

```
1 > # RasterLayer 对象转换为 SpatialGridDataFrame 对象
2 > r1 <- as(out, "SpatialGridDataFrame")
3 > str(r1, max.level=2)
4 Formal class 'SpatialGridDataFrame' [package "sp"] with 4 slots
5   ..@ data    : 'data.frame': 1584000 obs. of 1 variable:
6   ..@ grid    :Formal class 'GridTopology' [package "sp"] with 3 slots
7   ..@ bbox    : num [1:2, 1:2] 174.2 -37.5 175.3 -36.5
8   ... - attr(*, "dimnames")=List of 2
9   ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
10
11 > # SpatialGridDataFrame 转换为 RasterLayer 对象
12 > r2 <- as(r1, "RasterLayer")
13 > str(r2, max.level=2)
14 Formal class 'RasterLayer' [package "raster"] with 12 slots
15   ..@ file    :Formal class '.RasterFile' [package "raster"] with 13 slots
16   ..@ data    :Formal class '.SingleLayerData' [package "raster"] with 13 slots
17   ..@ legend  :Formal class '.RasterLegend' [package "raster"] with 5 slots
18   ..@ title   : chr(0)
19   ..@ extent  :Formal class 'Extent' [package "raster"] with 4 slots
20   ..@ rotated : logi FALSE
21   ..@ rotation:Formal class '.Rotation' [package "raster"] with 2 slots
22   ..@ ncols   : int 1320
23   ..@ nrows   : int 1200
24   ..@ crs     :Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
25   ..@ history : list()
26   ..@ z       : list()
```

53



空间数据交换

开源 GIS 生态圈

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈 23

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- 除了商业的 GIS 软件产品 (如 ArcGIS、SuperMap 等) 之外, 世
界上还有一些由**非营利性组织负责维护和管理大量的开源 GIS
项目**, 其中最著名的是由地理空间开源基金会(OSGeo, Open
Source Geospatial Foundation) 维护的项目
- OSGeo 维护的项目都遵循其制定的 X/MIT 开源许可协议, 是
许多 GIS 软件的基础, 推动了开源 GIS 生态圈的良性发展



空间数据交换

开源 GIS 生态圈

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈 23

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- 除了商业的 GIS 软件产品(如 ArcGIS、SuperMap 等)之外,世界上还有一些由**非营利性组织负责维护和管理大量的开源 GIS 项目**,其中最著名的是由**地理空间开源基金会(OSGeo,Open Source Geospatial Foundation)**维护的项目
- OSGeo 维护的项目都遵循其制定的 X/MIT 开源许可协议,是许多 GIS 软件的基础,推动了开源 GIS 生态圈的良性发展



图: OSGeo 及其从 2006 年开始主办的开源 GIS 年度会议—FOSS4G(Free and Open Source Software for Geoinformatics)



空间数据交换

开源 GIS 生态圈

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈 23

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- 除了商业的 GIS 软件产品(如 ArcGIS、SuperMap 等)之外，世界上还有一些由**非营利性组织负责维护和管理大量的开源 GIS 项目**，其中最著名的是由地理空间开源基金会(OSGeo, Open Source Geospatial Foundation)维护的项目
- OSGeo 维护的项目都遵循其制定的 X/MIT 开源许可协议，是许多 GIS 软件的基础，推动了开源 GIS 生态圈的良性发展



图：开源 GIS 的贡献者们

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈 23

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- 除了商业的 GIS 软件产品(如 ArcGIS、SuperMap 等)之外,世界上还有一些由**非营利性组织负责维护和管理大量的开源 GIS 项目**,其中最著名的是由**地理空间开源基金会(OSGeo,Open Source Geospatial Foundation)**维护的项目
- OSGeo 维护的项目都遵循其制定的 X/MIT 开源许可协议,是许多 GIS 软件的基础,推动了开源 GIS 生态圈的良性发展

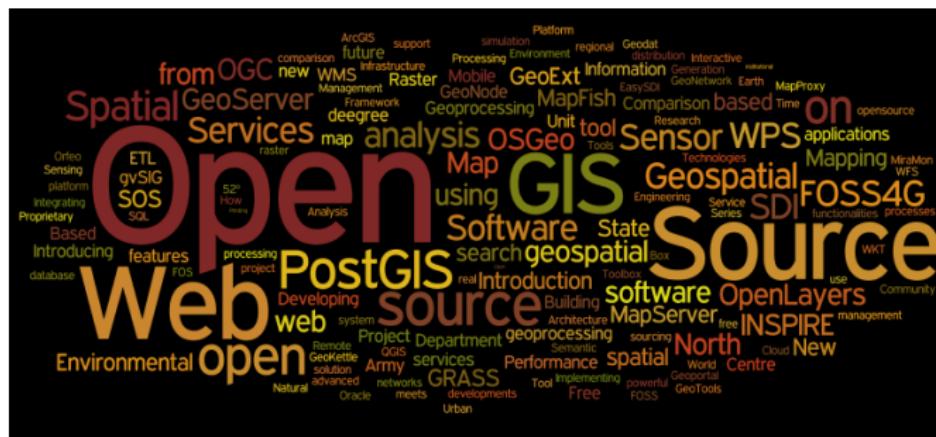


图: 开源 GIS 生态圈



空间数据交换

开源 GIS 生态圈

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈 23

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交
换包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- 除了商业的 GIS 软件产品(如 ArcGIS、SuperMap 等)之外,世界上还有一些由**非营利性组织负责维护和管理大量的开源 GIS 项目**,其中最著名的是由地理空间开源基金会(OSGeo,Open Source Geospatial Foundation)维护的项目
- OSGeo 维护的项目都遵循其制定的 X/MIT 开源许可协议,是许多 GIS 软件的基础,推动了开源 GIS 生态圈的良性发展

GIS 技术线	商业产品	开源解决方案
桌面 GIS	ArcMap	QGIS、GRASS GIS
webGIS	ArcGIS Server	Geoserver
空间数据库	ArcSDE、Oracle Spatial	PostGIS
地图服务	Google Maps	OpenStreetMap
程序开发库	ArcEngine	GDAL、GeoTools、proj.4
元数据管理	ArcCatalog	GeoNetwork

表: 商业和开源 GIS 解决方案对比



空间数据交换

rgdal 包

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

24

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交
换包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- [GDAL](#)(Geospatial Data Abstraction Library) 是 Frank Warmerdam 从 1998 年开发的空间数据转换库，从 1.3.2 版本开始移交给 OSGeo 维护，成为在 X/MIT 许可协议下的开源库
- GDAL 是 GIS 领域最重要的底层库之一，它利用抽象数据模型来表达所支持的各种文件格式，并提供一系列命令行工具来进行数据转换和处理，目前支持多达 154 种栅格数据格式和 93 种矢量数据格式



Frank Warmerdam



GDAL logo

53



空间数据交换

rgdal 包

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

24

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- GDAL(Geospatial Data Abstraction Library) 是 Frank Warmerdam 从 1998 年开发的空间数据转换库，从 1.3.2 版本开始移交给 OSGeo 维护，成为在 X/MIT 许可协议下的开源库
- GDAL 是**GIS 领域最重要的底层库之一**，它利用抽象数据模型来表达所支持的各种文件格式，并提供一系列命令行工具来进行数据转换和处理，目前支持多达**154 种栅格数据格式和 93 种矢量数据格式**



Frank Warmerdam



GDAL logo



空间数据交换

rgdal 包

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交
换包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

25

- 许多著名的开源和商业的 GIS 软件都 在底层数据转换模块中 使用 GDAL 库，包括 ESRI ArcGIS、Google Earth、GRASS GIS 等；而 R 本身属于开源生态圈，因此自然也选择采用 GDAL 库作为外部 GIS 数据和内部 sp 对象相互转换的底层库
- 由于原生 GDAL 库是 ANSI C 和 C++ 开发的，所以 Roger Bivand 等人开发了 rgdal 包用于封装了 GDAL 库，从而可以在 R 中调用 GDAL 库函数
- rgdal 包只是实现了在 R 中调用 GDAL 库中的 C 或 C++ 函数，本质上还是要依赖 GDAL，因此在载入 rgdal 包之前要先 安装好原生的 GDAL 库

53



空间数据交换

rgdal 包

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

25

- 许多著名的开源和商业的 GIS 软件都 在底层数据转换模块中 使用 GDAL 库，包括 ESRI ArcGIS、Google Earth、GRASS GIS 等；而 R 本身属于开源生态圈，因此自然也选择采用 GDAL 库作为外部 GIS 数据和内部 sp 对象相互转换的底层库
- 由于原生 GDAL 库是 ANSI C 和 C++ 开发的，所以 Roger Bivand 等人开发了 rgdal 包用于封装了 GDAL 库，从而可以在 R 中调用 GDAL 库函数
- rgdal 包只是实现了在 R 中调用 GDAL 库中的 C 或 C++ 函数，本质上还是要依赖 GDAL，因此在载入 rgdal 包之前要先 安装好原生的 GDAL 库

53



空间数据交换

rgdal 包

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据变换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

25

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交
换包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- 许多著名的开源和商业的 GIS 软件都 在底层数据转换模块中 使用 GDAL 库，包括 ESRI ArcGIS、Google Earth、GRASS GIS 等；而 R 本身属于开源生态圈，因此自然也选择采用 GDAL 库作为外部 GIS 数据和内部 sp 对象相互转换的底层库
- 由于原生 GDAL 库是 ANSI C 和 C++ 开发的，所以 Roger Bivand 等人开发了 rgdal 包用于封装了 GDAL 库，从而可以在 R 中调用 GDAL 库函数
- rgdal 包只是实现了在 R 中调用 GDAL 库中的 C 或 C++ 函数，本质上还是要依赖 GDAL，因此在载入 rgdal 包之前要先 安装好原生的 GDAL 库

```
1 # rgdal 包不但依赖 sp 包，而且依赖外部的 GDAL 库和 proj.4 库，在使用 rgdal 包前要确保这两个库正确安装!
2 > library(rgdal)
3 Loading required package: sp
4 rgdal: version: 1.2-18, (SVN revision 718)
5 Geospatial Data Abstraction Library extensions to R successfully loaded
6 Loaded GDAL runtime: GDAL 2.1.3, released 2017/20/01
7 Path to GDAL shared files: /usr/share/gdal/2.1
8 GDAL binary built with GEOS: TRUE
9 Loaded PROJ.4 runtime: Rel. 4.9.2, 08 September 2015, [PJ_VERSION: 492]
10 Path to PROJ.4 shared files: (autodetected)
11 Linking to sp version: 1.2-7
```

53



空间数据交换

坐标参考系统

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

26

- 坐标参考系统 (CRS) 是测量学和制图学的核心理论，其目标是解决 “如何在平面中表示一个不规则椭球” 的问题，这也是 GIS 系统和其他计算机系统最大的区别之一
- CRS 的一种定义是地理坐标系统(GCS)，用三维椭球模型来定义地球表面位置，以经纬度为坐标对地球表面进行数学描述

53

空间数据交换

坐标参考系统

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

26

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

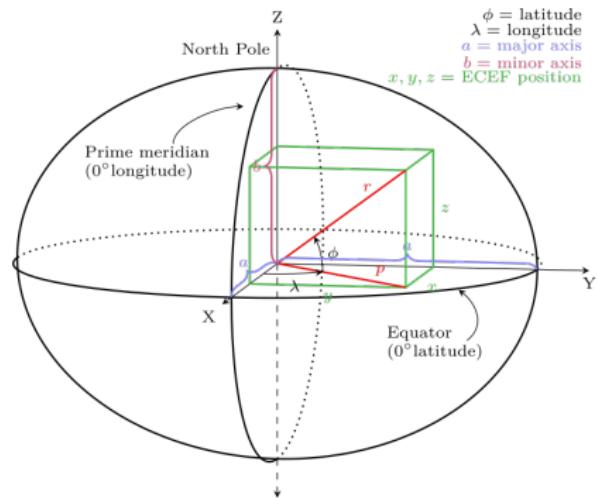
其他空间数据交
换包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- 坐标参考系统 (CRS) 是测量学和制图学的核心理论，其目标是解决 “如何在平面中表示一个不规则椭球” 的问题，这也是 GIS 系统和其他计算机系统最大的区别之一
- CRS 的一种定义是地理坐标系统 (GCS)，用三维椭球模型来定义地球表面位置，以经纬度为坐标对地球表面进行数学描述



图：地理坐标系统包括参考椭球体、本初子午线和经纬度单位三个要素

53

空间数据交换

坐标参考系统

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

27

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

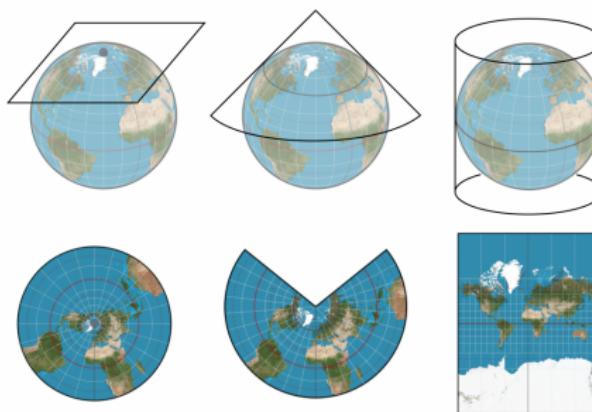
其他空间数据交换
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- CRS 的另一种定义是 **投影坐标系统(PCS)**，将地球表面按照某种投影类型投射到一个二维平面，以笛卡尔坐标系对地球表面进行数学描述
- 所有 **投影坐标系统**都只能是对地球表面的近似描述，可以保证在某些测度（角度、距离、面积等）上是准确的，但是必然会牺牲其他方面的测度



图：投影坐标系统，常见的投影类型包括方位（左）、圆锥（中）和圆柱（右）

53



空间数据交换

坐标参考系统

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

27

- CRS 的另一种定义是**投影坐标系统(PCS)**，将地球表面按照某种投影类型投射到一个二维平面，以笛卡尔坐标系对地球表面进行数学描述
- 所有**投影坐标系统都只能是对地球表面的近似描述**，可以保证在某些测度（角度、距离、面积等）上是准确的，但是必然会牺牲其他方面的测度

53

空间数据交换

坐标参考系统

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

27

- CRS 的另一种定义是**投影坐标系统(PCS)**，将地球表面按照某种投影类型投射到一个二维平面，以笛卡尔坐标系对地球表面进行数学描述
- 所有**投影坐标系统都只能是对地球表面的近似描述**，可以保证在某些测度(角度、距离、面积等)上是准确的，但是必然会牺牲其他方面的测度



图：等角投影的世界地图，保证角度测度是准确的，但是面积变形严重

53

空间数据交换

坐标参考系统

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换
包

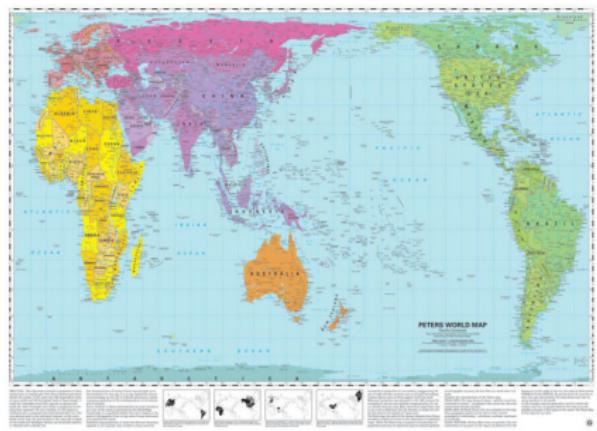
基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

27

- CRS 的另一种定义是**投影坐标系统(PCS)**，将地球表面按照某种投影类型投射到一个二维平面，以笛卡尔坐标系对地球表面进行数学描述
- 所有**投影坐标系统都只能是对地球表面的近似描述**，可以保证在某些测度(角度、距离、面积等)上是准确的，但是必然会牺牲其他方面的测度



图：等面积投影的世界地图，保证面积测度是准确的，但是角度变形严重

53



空间数据交换

坐标参考系统

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类
空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

28

- GDAL 包底层 CRS 采用的是 proj.4 库，因此在安装 GDAL 和 rgdal 之前要先安装 proj.4
- proj.4 是一个历史悠久的 CRS 库，最早是由 **Gerald Evenden** 开发维护，第一个版本是 80 年代初期用 Fortran 语言开发的，1985 年发布了 Unix 系统下的 C 语言版本，1990 发布的第三个版本被命名为 **proj.3**，1995 年发布的 4.3 版是 Evenden 开发的最后一个版本，命名为 **proj.4**；从 2000 年开始，Frank Warmerdam 接管了项目的维护工作直到 2008 年被 OSGeo 接纳，**成为 OSGeo 基础开发库并由其负责维护**；2018 年 3 月 proj 的第 5 个版本发布，目前支持的地图投影已经超过 **138 个**

53



空间数据交换

坐标参考系统

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据图

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘

图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

28

- GDAL 包底层 CRS 采用的是 [proj.4 库](#)，因此在安装 GDAL 和 rgdal 之前要先安装 proj.4
- proj.4 是一个历史悠久的 CRS 库，最早是由 [Gerald Evenden](#) 开发维护，第一个版本是 80 年代初期用 Fortran 语言开发的，1985 年发布了 Unix 系统下的 C 语言版本，1990 发布的第三个版本被命名为 [proj.3](#)，1995 年发布的 4.3 版是 Evenden 开发的最后一个版本，命名为 [proj.4](#)；从 2000 年开始，Frank Warmerdam 接管了项目的维护工作直到 2008 年被 OSGeo 接纳，[成为 OSGeo 基础开发库并由其负责维护](#)；2018 年 3 月 proj 的第 5 个版本发布，目前支持的地图投影已经超过 [138 个](#)

53



空间数据交换

坐标参考系统

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类
空间数据图

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

28

- GDAL 包底层 CRS 采用的是 [proj.4 库](#)，因此在安装 GDAL 和 rgdal 之前要先安装 proj.4
- proj.4 是一个历史悠久的 CRS 库，最早是由 [Gerald Evenden](#) 开发维护，第一个版本是 80 年代初期用 Fortran 语言开发的，1985 年发布了 Unix 系统下的 C 语言版本，1990 发布的第三个版本被命名为 [proj.3](#)，1995 年发布的 4.3 版是 Evenden 开发的最后一个版本，命名为 [proj.4](#)；从 2000 年开始，Frank Warmerdam 接管了项目的维护工作直到 2008 年被 OSGeo 接纳，[成为 OSGeo 基础开发库并由其负责维护](#)；2018 年 3 月 proj 的第 5 个版本发布，目前支持的地图投影已经超过 [138 个](#)

```
1 # rgdal 包载入前要先做 proj.4 库依赖性检查
2 > library(rgdal)
3 Loading required package: sp
4 rgdal: version: 1.2-18, (SVN revision 718)
5 Geospatial Data Abstraction Library extensions to R successfully loaded
6 Loaded GDAL runtime: GDAL 2.1.3, released 2017/20/01
7 Path to GDAL shared files: /usr/share/gdal/2.1
8 GDAL binary built with GEOS: TRUE
9 Loaded PROJ.4 runtime: Rel. 4.9.2, 08 September 2015, [PJ_VERSION: 492]
10 Path to PROJ.4 shared files: (autodetected)
11 Linking to sp version: 1.2-7
```



空间数据交换

坐标参考系统

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据图

开源 GIS 生态圈
rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

29

- proj.4 库有一套 CRS 定义的规范，表示方法是 CRS 中的“参数标签 = 值”（不能有空格），每个参数标签以“+”开始并且用空格区分不同的标签/值对，**最终形成一个字符串**

参数标签	含义
proj	投影名称，定义 PCS; 当 =longlat 时定义 GCS
ellps	椭球体名称
datum	基准面名称
pm	备用本初子午线（通常是一个城市名称）
lon_0,lat_0	中央经线和纬度原点
towgs84	三参数或七参数基准面转换
x_0,y_0	东伪偏移和北伪偏移
k_0	比例因子
a,b	椭球体长短轴长度
axis	轴方向
zone	UTM 时区
init	CRS 定义文件存放路径和关键字
no_defs	不使用默认的定义文件

表: proj.4 主要的参数标签

53



空间数据交换

坐标参考系统

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据图
变换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

29

矢量格式文件交
换

栅格格式文件交
换

其他空间数据交
换包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- proj.4 库有一套 CRS 定义的规范，表示方法是 CRS 中的“参数标签 = 值”（不能有空格），每个参数标签以“+”开始并且用空格区分不同的标签/值对，最终形成一个字符串

```

1 # 定义深圳西安 1980 坐标系 3 度带投影：投影名称横轴墨卡托，中央经线东经 114 度，比例因子 1，东移偏移
2   ↪ 500000，椭球体长轴
3 长度6378140米，短轴长度6356755.288157528米，单位米
4 > CRS("+proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=114 +k=1 +x_0=500000 +y_0=0 +a=6378140 +b=6356755.288157528
5   ↪ +units=m +no_defs")
6 CRS arguments:
7   +proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=114 +k=1 +x_0=500000 +y_0=0 +a=6378140 +b=6356755.288157528 +units=m
8   ↪ +no_defs
9
10 # 定义深圳北京 1954 坐标系 3 度带投影：投影名称横轴墨卡托，中央经线东经 114 度，比例因子 1，东移偏移
11   ↪ 500000。
12 椭球体为苏联克拉索夫斯基椭球体，单位米
13 > CRS("+proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=114 +k=1 +x_0=500000 +y_0=0 +ellps=krass +units=m +no_defs")
14 CRS arguments:
15   +proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=114 +k=1 +x_0=500000 +y_0=0 +ellps=krass +units=m +no_defs
16
17 # 定义北京 1954GCS：椭球体为苏联克拉索夫斯基
18 > CRS("+proj=longlat +ellps=krass +no_defs")
19 CRS arguments: +proj=longlat +ellps=krass +no_defs
20
21 # 定义美国田纳西州 PCS：投影名称兰勃特等角圆锥投影，椭球体是 Clarke 1866 椭球，基准面为北美 1927 基准面
22 > CRS("+proj=lcc +lat_1=35.25 +lat_2=36.4166666666666 +lat_0=34.6666666666666 +lon_0=-86
23   ↪ +x_0=609601.2192024384 +y_0=30480.06096012192 +datum=NAD27 +units=us-ft +no_defs")
24 CRS arguments:
25   +proj=lcc +lat_1=35.25 +lat_2=36.4166666666666 +lat_0=34.6666666666666 +lon_0=-86
26   ↪ +x_0=609601.2192024384 +y_0=30480.06096012192 +datum=NAD27 +units=us-ft +no_defs
27   ↪ +ellps=clrk66 +nadgrids=@conus,@alaska,@ntv2_0.gsb,@ntv1_can.dat

```



空间数据交换

坐标参考系统

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

30

- 欧洲石油调查组 (EPSG, European Petroleum Survey Group) 为了能够更好地调查世界石油储量，从 1986 年开始收集各地区 CRS 参数，并且给每个 CRS 进行统一编号管理，最终形成并发布 EPSG 标准数据集
- 目前 EPSG 数据集已经成为世界标准 CRS 数据集之一，proj.4 库可以用 `init` 标签参数调用指定编号的 CRS 参数

53



空间数据交换

坐标参考系统

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据变换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

30

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交
换包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- 欧洲石油调查组 (**EPSG**, European Petroleum Survey Group) 为了能够更好地调查世界石油储量，从 1986 年开始收集各地区 CRS 参数，并且给每个 CRS 进行统一编号管理，最终形成并发布**EPSG 标准数据集**
- 目前 EPSG 数据集已经成为世界标准 CRS 数据集之一，proj.4 库可以用 **init** 标签参数调用指定编号的 CRS 参数

```
1 # WGS84 GCS 的编号是 4326
2 > CRS("+init=epsg:4326")
3 CRS arguments:
4   +init=epsg:4326 +proj=longlat +datum=WGS84 +no_defs +ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0
5
6 # 3857 是一个重要的编号，因为各大互联网地图都以它为基准，例如 Google Maps, Bing Maps, OpenStreetMap 等
7 > CRS("+init=epsg:3857")
8 CRS arguments:
9   +init=epsg:3857 +proj=merc +a=6378137 +b=6378137 +lat_ts=0.0 +lon_0=0.0 +x_0=0.0 +y_0=0 +k=1.0
10  ↪   +units=m +nadgrids=@null +no_defs
11
12 # 北京 1954 GCS 的编号是 4214
13 > CRS("+init=epsg:4214")
14 CRS arguments:
15   +init=epsg:4214 +proj=longlat +ellps=krass +towgs84=15.8,-154.4,-82.3,0,0,0 +no_defs
16
17 # 北京 1954 在深圳的三度分带 PCS 编号是 2435
18 > CRS("+init=epsg:2435")
19 CRS arguments:
20   +init=epsg:2435 +proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=114 +k=1 +x_0=500000 +y_0=0 +ellps=krass
21  ↪   +towgs84=15.8,-154.4,-82.3,0,0,0 +units=m +no_defs
```

53



空间数据交换

坐标参考系统

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

31

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- 由于各地区 CRS 都不尽相同，因此为了坐标能在统一 CRS 中表达，坐标转换成为空间数据处理的常规操作，通常包括**GCS** 和 **PCS 互转 (投影与反投影)**、**基准面互转** 和**PCS 互转**
- proj.4 库中提供了**cs2cs** 函数用于坐标的 CRS 转换，rgdal 包中也提供了类似的 **spTransform** 函数，可以将一个 sp 对象定义的 CRS 转换到另一个 CRS

53



空间数据交换

坐标参考系统

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

31

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- 由于各地区 CRS 都不尽相同，因此为了坐标能在统一 CRS 中表达，坐标转换成为空间数据处理的常规操作，通常包括**GCS** 和 **PCS 互转 (投影与反投影)**、**基准面互转** 和 **PCS 互转**
- proj.4 库中提供了**cs2cs** 函数用于坐标的 CRS 转换，rgdal 包中也提供了类似的 **spTransform** 函数，可以将一个 sp 对象定义的 CRS 转换到另一个 CRS

53



空间数据交换

坐标参考系统

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据变换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

31

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- 由于各地区 CRS 都不尽相同，因此为了坐标能在统一 CRS 中表达，坐标转换成为空间数据处理的常规操作，通常包括 GCS 和 PCS 互转（投影与反投影）、基准面互转 和 PCS 互转
- proj.4 库中提供了 cs2cs 函数用于坐标的 CRS 转换，rgdal 包中也提供了类似的 spTransform 函数，可以将一个 sp 对象定义的 CRS 转换到另一个 CRS

```
1 # 定义 GCS 坐标的 x 和 y 位置
2 > y <- as.numeric(char2dms("43d38'33.24\"N"))
3 > x <- as.numeric(char2dms("79d23'13.7\"W"))
4 # 将坐标转换为空间点对象，并定义 CRS 为基准面 wgs84 的 GCS
5 > xy <- SpatialPoints(cbind(x,y),proj4string=CRS("+proj=longlat +datum=WGS84"))
6 > xy@coords
7
8      x          y
9 [1,] -79.38714 43.64257
10     x          y
11 [1,] 630084.3 4833439
```

53



空间数据交换

坐标参考系统

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

31

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- 由于各地区 CRS 都不尽相同，因此为了坐标能在统一 CRS 中表达，坐标转换成为空间数据处理的常规操作，通常包括GCS 和 PCS 互转（投影与反投影）、基准面互转 和PCS 互转
- proj.4 库中提供了cs2cs函数用于坐标的 CRS 转换，rgdal 包中也提供了类似的 spTransform 函数，可以将一个 sp 对象定义的 CRS 转换到另一个 CRS

```
1 # 读取中国地图边界
2 > library(maps)
3 > library(maptools)
4 > china<- map("world", "china", fill=TRUE,plot=FALSE)
5 > tw <- map("world", "taiwan",fill=TRUE,plot=FALSE)
6 > china$x <- c(china$x,NA,tw$x)
7 > china$y <- c(china$y,NA,tw$y)
8 > china$range <- c(range(china$range[1:2],tw$range[1:2]),range(china$range[3:4],tw$range[3:4]))
9 > china$names <- c(china$names,tw$names)
10 # 定义 GCS 为 WGS84，并创建空间面对象
11 > p4s <- CRS("+proj=longlat +datum=WGS84")
12 > SPchina <- map2SpatialPolygons(china,IDs=sapply(china$names, function(x) x[1]),proj4string=p4s)
13 # 将 WGS84 坐标投影到 UTM 投影坐标系统
14 > SPchina2 <-spTransform(SPchina,CRS("+proj=utm +zone=49 +datum=WGS84"))
```

53

空间数据交换

坐标参考系统

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

31

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

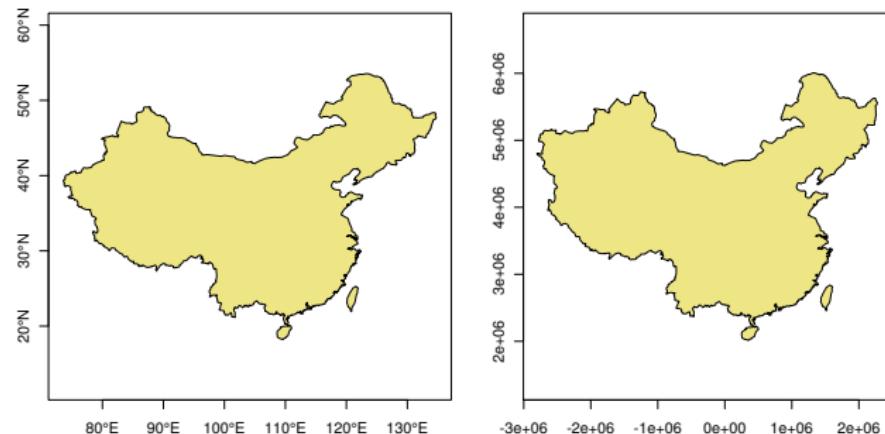
其他空间数据交
换包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- 由于各地区 CRS 都不尽相同，因此为了坐标能在统一 CRS 中表达，坐标转换成为空间数据处理的常规操作，通常包括**GCS** 和 **PCS 互转 (投影与反投影)**、**基准面互转** 和 **PCS 互转**
- proj.4 库中提供了**cs2cs** 函数用于坐标的 CRS 转换，rgdal 包中也提供了类似的 **spTransform** 函数，可以将一个 sp 对象定义的 CRS 转换到另一个 CRS



图：中国地图的坐标转换：左图为 WGS84 地理坐标系，右图是 UTM 投影坐标系

53



空间数据交换

矢量格式文件交换

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类
空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交換

栅格格式文件交換

其他空间数据交換
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

32

- GDAL 库最初不支持矢量数据，因此引入了参考 OGC 开源简单要素规范设计的**OGR 库**，实现了外部矢量数据交换功能
- OGR 全称是**OGR 简单要素库**(OGR Simple Feature Library)，是用 C++ 编写的开源矢量数据格式交换库，其架构是建立统一的简单要素抽象模型，并在此基础通过外部驱动程序扩展各种数据交换的功能，这对于复杂多样的矢量数据交换具有极大的灵活性
- 从设计上**OGR 库**和 sp 包都是采用简单要素规范对矢量数据建模，因此外部数据可以通过 rgdal 包调用 OGR 库函数来读取，并转换为 sp 对象；同样 sp 对象也可以通过逆操作写入外部文件，从而实现在 R 体系中的矢量数据格式交换

53



空间数据交换

矢量格式文件交换

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据变换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交換

栅格格式文件交換

其他空间数据交換

基础绘图方法

基于 lattice 的绘

图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

32

- GDAL 库最初不支持矢量数据，因此引入了参考 OGC 开源简单要素规范设计的**OGR 库**，实现了外部矢量数据交换功能
- OGR 全称是**OGR 简单要素库**(OGR Simple Feature Library)，是用 C++ 编写的开源矢量数据格式交换库，其架构是建立统一的简单要素抽象模型，并在此基础通过**外部驱动程序扩展各种数据交换的功能**，这对于复杂多样的矢量数据交换具有极大的灵活性
- 从设计上**OGR 库和 sp 包都是采用简单要素规范对矢量数据建模**，因此外部数据可以通过 rgdal 包调用 OGR 库函数来读取，并转换为 sp 对象；同样 sp 对象也可以通过逆操作写入外部文件，从而实现在 R 体系中的矢量数据格式交换

53



空间数据交换

矢量格式文件交换

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据图

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交換

栅格格式文件交換

其他空间数据交換
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

32

- GDAL 库最初不支持矢量数据，因此引入了参考 OGC 开源简单要素规范设计的**OGR 库**，实现了外部矢量数据交换功能
- OGR 全称是**OGR 简单要素库**(OGR Simple Feature Library)，是用 C++ 编写的开源矢量数据格式交换库，其架构是建立统一的简单要素抽象模型，并在此基础通过**外部驱动程序扩展各种数据交换的功能**，这对于复杂多样的矢量数据交换具有极大的灵活性
- 从设计上**OGR 库和 sp 包都是采用简单要素规范对矢量数据建模**，因此外部数据可以通过 rgdal 包调用 OGR 库函数来读取，并转换为 sp 对象；同样 sp 对象也可以通过逆操作写入外部文件，从而实现在 R 体系中的矢量数据格式交换

53



空间数据交换

矢量格式文件交换

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据变换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

33

- rgdal 包中提供了 `readOGR` 函数和 `writeOGR` 函数分别实现 OGR 库读取的外部数据转换 sp 对象以及 sp 对象导出到外部文件
- `readOGR` 函数至少需要两个参数：`dsn` 参数用于指定外部数据源的位置，`layer` 参数用于指定要素图层名称；例如，对于 shapefile 格式文件，`dsn` 是文件存放的目录，`layer` 是文件名
- `writeOGR` 除了 `dsn` 和 `layer` 两个必需参数之外，还至少需要一个参数用于指定要导出的 sp 对象，以及一个参数用于指定外部驱动程序

```
1 # 用 ogrInfo 函数获取 shapefile 格式文件 scot 的信息
2 > ogrInfo("./data","scot")
3 Source: "/home/mono/Documents/tex_projects/r_guide_slide/data", layer: "scot"
4 Driver: ESRI Shapefile; number of rows: 56
5 Feature type: wkbPolygon with 2 dimensions
6 Extent: (-8.621389 54.62722) - (-0.7530556 60.84444)
7 LDID: 0
8 Number of fields: 2
9      name type length typeName
10    1 NAME   4     16   String
11    2 ID     12    16 Integer64
```

53



空间数据交换

矢量格式文件交换

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据变换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

33

- rgdal 包中提供了 `readOGR` 函数和 `writeOGR` 函数分别实现 OGR 库读取的外部数据转换 `sp` 对象以及 `sp` 对象导出到外部文件
- `readOGR` 函数至少需要两个参数：`dsn` 参数用于指定外部数据源的位置，`layer` 参数用于指定要素图层名称；例如，对于 shapefile 格式文件，`dsn` 是文件存放的目录，`layer` 是文件名
- `writeOGR` 除了 `dsn` 和 `layer` 两个必需参数之外，还至少需要一个参数用于指定要导出的 `sp` 对象，以及一个参数用于指定外部驱动程序

```
1 # 用 readOGR 文件读取 shapefile 格式文件，该函数会根据文件格式自动调用对应驱动程序
2 # 读取后的数据被转换为 sp 对象 scot_LL, 从而进入 R 系统，可以继续后续的数据操作
3 > scot_LL <- readOGR(dsn="data/scot.shp", layer="scot", integer64="allow.loss")
4 OGR data source with driver: ESRI Shapefile
5 Source: "/home/mono/Documents/tex_projects/r_guide_slide/data/scot.shp", layer: "scot"
6 with 56 features
7 It has 2 fields
8 Integer64 fields read as signed 32-bit integers: ID
9 > proj4string(scot_LL) # 原始 shapefile 文件缺失 prj 文件，因此 CRS 为 NA 值
10 [1] NA
11 > proj4string(scot_LL) <- CRS("+proj=longlat +ellps=WGS84") # 为 sp 对象定义 CRS
12 > str(scot_LL,max.level=2)
13 Formal class 'SpatialPolygonsDataFrame' [package "sp"] with 5 slots
14 ..@ data      : 'data.frame': 56 obs. of  2 variables:
15 ..@ polygons   : List of 56
16 ..@ plotOrder  : int [1:56] 55 51 12 49 1 50 52 3 6 53 ...
17 ..@ bbox       : num [1:2, 1:2] -8.621 54.627 -0.753 60.844
18 ... - attr(*, "dimnames")=List of 2
19 ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
```

53



空间数据交换

矢量格式文件交换

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据变换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

33

其他空间数据交换
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- rgdal 包中提供了 `readOGR` 函数和 `writeOGR` 函数分别实现 OGR 库读取的外部数据转换 sp 对象以及 sp 对象导出到外部文件
- `readOGR` 函数至少需要两个参数：`dsn` 参数用于指定外部数据源的位置，`layer` 参数用于指定要素图层名称；例如，对于 shapefile 格式文件，`dsn` 是文件存放的目录，`layer` 是文件名
- `writeOGR` 除了 `dsn` 和 `layer` 两个必需参数之外，还至少需要一个参数用于指定要导出的 sp 对象，以及一个参数用于指定外部驱动程序

```
1 # 定义外部驱动程序，驱动程序名称可以用 ogrDrivers() 函数查看
2 > drv <- "ESRI Shapefile"
3 # 将 sp 对象写出到一个外部文件 scot_LL
4 > writeOGR(scot_LL, dsn = ".", layer = "scot_LL", driver = drv)
5 # 由于 scot_LL 包含 CRS，因此导出的 shapefile 文件中还包括 prj 文件
6 > list.files("./data", pattern = "^\$scot_LL$")
7 [1] "scot_LL.dbf" "scot_LL.prj" "scot_LL.shp" "scot_LL.shx"
```



空间数据交换

栅格格式文件交换

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据变换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交換

栅格格式文件交換 34

其他空间数据交換
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- 与矢量数据类似，GDAL 也是通过调用外部驱动程序实现不同格式栅格数据的读取；而 rgdal 包也专门提供了 `readGDAL` 函数和 `writeGDAL` 函数用于外部栅格格式文件和 sp 对象的交换
- 由于栅格文件体积较大，而且可能存储在不同波段，因此除了直接读取之外，`readGDAL` 和 `writeGDAL` 函数还可以用 `band`、`offset`、`region.dim`、`output.dim` 等参数控制数据的局部读写

```
1 > fn <- system.file("pictures/erdas_spnad83.tif", package = "rgdal")[1]
2 # 读取 tif 格式文件, readGDAL 自动调用外部驱动程序 GTiff
3 > x <- readGDAL(fn)
4 /home/mono/Softwares/R/3.4/rgdal/pictures/erdas_spnad83.tif has GDAL driver GTiff
5 and has 658 rows and 571 columns
6 # 读取的数据被转换成 sp 对象, 从而将外部数据导入 R 系统
7 > str(x,max.level=2)
8 Formal class 'SpatialGridDataFrame' [package "sp"] with 4 slots
9 ..@ data      : 'data.frame': 375718 obs. of  1 variable:
10 ..@ grid      :Formal class 'GridTopology' [package "sp"] with 3 slots
11 ..@ bbox      : num [1:2, 1:2] 78999 1412948 101839 1439268
12 ... - attr(*, "dimnames")=List of 2
13 ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
```



空间数据交换

栅格格式文件交换

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据变换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交換

栅格格式文件交換 34

其他空间数据交換
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- 与矢量数据类似，GDAL 也是通过调用外部驱动程序实现不同格式栅格数据的读取；而 rgdal 包也专门提供了 `readGDAL` 函数和 `writeGDAL` 函数用于外部栅格格式文件和 sp 对象的交换
- 由于栅格文件体积较大，而且可能存储在不同波段，因此除了直接读取之外，`readGDAL` 和 `writeGDAL` 函数还可以用 `band`、`offset`、`region.dim`、`output.dim` 等参数控制数据的局部读写

```
1 > y <- readGDAL(fn, offset=c(50, 100), region.dim=c(400, 400))
2 /home/mono/Softwares/R/3.4/rgdal/pictures/erdas_spnad83.tif has GDAL driver GTiff
3 and has 658 rows and 571 columns
4 > str(y,max.level=2)
5 Formal class 'SpatialGridDataFrame' [package "sp"] with 4 slots
6 ..@ data      :'data.frame': 160000 obs. of 1 variable:
7 ..@ grid      :Formal class 'GridTopology' [package "sp"] with 3 slots
8 ..@ bbox       : num [1:2, 1:2] 82999 1421268 98999 1437268
9 ..@ .attr(*, "dimnames")=List of 2
10 ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
```

空间数据交换

栅格格式文件交换

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据图
像

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交
换

栅格格式文件交
换

其他空间数据交
换

包

基础绘图方法

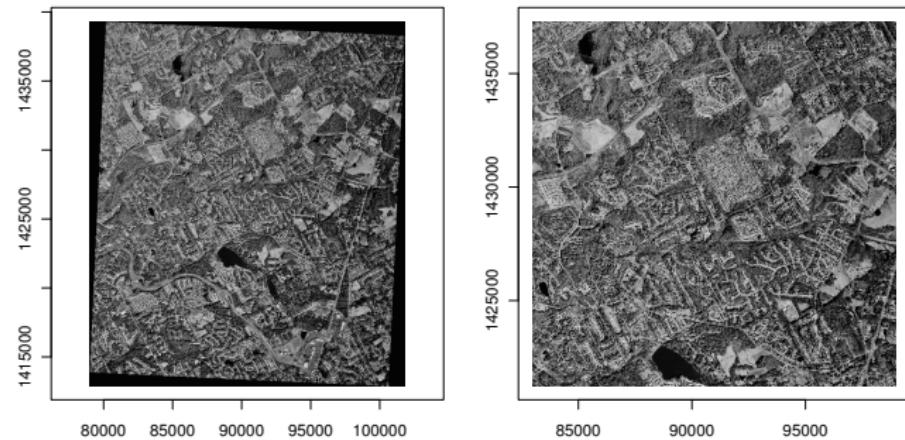
基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

34

- 与矢量数据类似，GDAL 也是通过调用外部驱动程序实现不同格式栅格数据的读取；而 rgdal 包也专门提供了 `readGDAL` 函数和 `writeGDAL` 函数用于外部栅格格式文件和 sp 对象的交换
- 由于栅格文件体积较大，而且可能存储在不同波段，因此除了直接读取之外，`readGDAL` 和 `writeGDAL` 函数还可以用 `band`、`offset`、`region.dim`、`output.dim` 等参数控制数据的局部读写



图：读取外部栅格文件：左图是读取全部数据，右图是读取局部数据



空间数据交换

栅格格式文件交换

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据变换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交換

栅格格式文件交換 34

其他空间数据交換
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- 与矢量数据类似，GDAL 也是通过调用外部驱动程序实现不同格式栅格数据的读取；而 rgdal 包也专门提供了 `readGDAL` 函数和 `writeGDAL` 函数用于外部栅格格式文件和 sp 对象的交换
- 由于栅格文件体积较大，而且可能存储在不同波段，因此除了直接读取之外，`readGDAL` 和 `writeGDAL` 函数还可以用 `band`、`offset`、`region.dim`、`output.dim` 等参数控制数据的局部读写

```
1 # 读取原始 tiff 格式文件到 sp 对象
2 > auck_el1 <- readGDAL("data/70042108.tif")
3 data/70042108.tif has GDAL driver GTiff
4 and has 1200 rows and 1320 columns
5 > is.na(auck_el1$band1) <- auck_el1$band1 <= 0 | auck_el1$band1 > 1e+4
6 > # 自定义数据分类
7 > brks <- c(0,10,20,50,100,150,200,300,400,500,600,700)
8 > # 自定义渐变颜色方案
9 > pal <- terrain.colors(11)
10 > length(pal) == length(brks)-1
11 [1] TRUE
12 > # 将数据按照等级进行划分
13 > auck_el1$band1 <- findInterval(auck_el1$band1, vec=brks, all.inside=TRUE)-1
14 > # 将 sp 对象导出到外部栅格文件，其中栅格要素按照自定义等级配色
15 > writeGDAL(auck_el1, "data/demIndex.tif", drivername="GTiff", type="Byte", colorTable=list(pal),
   ↴ mvFlag=length(brks)-1)
```

空间数据交换

栅格格式文件交换

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据变换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交
换

栅格格式文件交
换

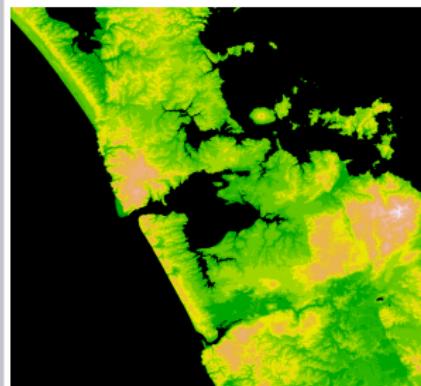
34

其他空间数据交
换包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法



- 与矢量数据类似，GDAL 也是通过调用外部驱动程序实现不同格式栅格数据的读取；而 rgdal 包也专门提供了 `readGDAL` 函数和 `writeGDAL` 函数用于外部栅格格式文件和 sp 对象的交换
- 由于栅格文件体积较大，而且可能存储在不同波段，因此除了直接读取之外，`readGDAL` 和 `writeGDAL` 函数还可以用 `band`、`offset`、`region.dim`、`output.dim` 等参数控制数据的局部读写

```

1 # GDALInfo 封装了 GDAL 库函数 gdalinfo, 用于读取文件的信息
2 > GDALInfo("figures/demIndex.tif")
3 rows           1200
4 columns        1320
5 bands          1
6 lower left origin.x      174.2
7 lower left origin.y     -37.5
8 res.x          0.0008333333
9 res.y          0.0008333333
10 ysign         -1
11 oblique.x    0
12 oblique.y    0
13 driver         GTiff
14 projection   +proj=longlat +datum=WGS84 +no_defs
15 file          data/demIndex.tif
16 apparent band summary:
17   GDTType hasNoDataValue NoDataValue blockSize1 blockSize2
18   1 Byte             TRUE           11            6       1320
19 apparent band statistics:
20   Bmin Bmax Bmean Bsd
21   1    0  255    NA  NA
22 Metadata:
23 AREA_OR_POINT=Area

```



空间数据交换

栅格格式文件交换

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交
换

栅格格式文件交
换 35

其他空间数据交
换
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- `readGDAL` 函数底层实际上是创建了一个能够被 GDAL 库中 **GDALDriver** 类对象识别的 **Dataset** 类
- rgdal 包完整封装了 GDAL 库的 **GDALMajorObject** 抽象基类，并且在 S4 系统下派生出只读的 **GDALReadOnlyDataset** 以及可读写的 **GDALDataset** 等具体实现类



空间数据交换

栅格格式文件交换

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

35

其他空间数据交换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- `readGDAL` 函数底层实际上是创建了一个能够被 GDAL 库中 **GDALDriver** 类对象识别的 **Dataset** 类
- `rgdal` 包完整封装了 GDAL 库的 **GDALMajorObject** 抽象基类，并且在 S4 系统下派生出只读的 **GDALReadOnlyDataset** 以及可读写的 **GDALDataset** 等具体实现类

53

- `readGDAL` 函数底层实际上是创建了一个能够被 GDAL 库中 **GDALDriver** 类对象识别的 **Dataset** 类
- `rgdal` 包完整封装了 GDAL 库的 **GDALMajorObject** 抽象基类，并且在 S4 系统下派生出只读的 **GDALReadOnlyDataset** 以及可读写的 **GDALDataset** 等具体实现类

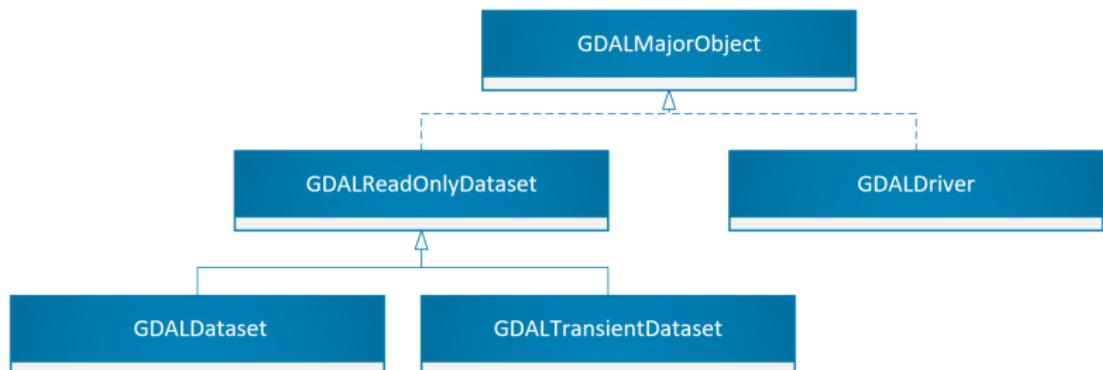


图: `rgdal` 包的栅格数据类结构图



空间数据交换

栅格格式文件交换

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换
包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

36

- rgdal 包提供**GDAL.open**函数用于打开外部数据，这个函
数不会直接读取数据到内存，而是通过底层 GDAL 对
象**GDALReadOnlyDataset**存储文件句柄
- 当需要数据时调用**asSGDF_GROD**函数，该函数会根据句柄和
数据大小分配内存空间，并转换为 R 中能够识别的 sp 对象；
另外，在文件使用完后必须要调用**GDAL.close**函数，用来释放
内存空间并销毁文件句柄

53



空间数据交换

栅格格式文件交换

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据图

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交換

栅格格式文件交換

36

其他空间数据交換

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘

图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- rgdal 包提供 **GDAL.open** 函数用于打开外部数据，这个函数不会直接读取数据到内存，而是通过底层 GDAL 对象 **GDALReadOnlyDataset** 存储文件句柄
- 当需要数据时调用 **asSGDF_GROD** 函数，该函数会根据句柄和数据大小分配内存空间，并转换为 R 中能够识别的 sp 对象；另外，在文件使用完后必须要调用 **GDAL.close** 函数，用来释放内存空间并销毁文件句柄

```
1 fn <- system.file("pictures/erdas_spnad83.tif", package = "rgdal")[1]
2 # GDAL.open 函数读取文件数据到 GDALReadOnlyDataset 对象，而不是直接转换为 sp 对象,
3 x <- GDAL.open(fn)
4 # 这个 GDAL 对象存储了外部文件句柄
5 > str(x)
6 Formal class 'GDALReadOnlyDataset' [package "rgdal"] with 1 slot
7   ..@ handle:<externalptr>
8 # rgdal 包提供一系列函数根据文件句柄读取文件信息
9 > dim(x) # 栅格数据维度
10 [1] 658 571
11 > xx <- getDriver(x) # 转换为驱动程序类
12 > getDriverLongName(xx) # 驱动程序完整名称
13 [1] "GeoTIFF"
14 # 将 GDAL 对象转换为 sp 对象，从而进入 R 系统
15 y <- asSGDF_GROD(x, output.dim=c(400, 400)) # 这里也可以局部读取数据
16 > class(y)
17 [1] "SpatialGridDataFrame"
18 > attr(y, "package")
19 [1] "sp"
20 # 释放 GDAL 对象，解除对外部文件的锁定
21 > GDAL.close(x)
```

53



空间数据交换

其他空间数据交换包

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据图

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交換

栅格格式文件交換

其他空间数据交換
包

37

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- **maptools**: 提供 ESRI ArcGIS 格式数据文件的读写函数；相比其他包最大的优势是不依赖外部程序，**但是该包部分函数已经不再维护**
- **RQIS,rgrass7,RSAGA**: 这些包分别是主流开源 GIS 软件[QGIS](#)、[GRASS GIS](#)和[SAGA](#)的封装包，都是通过 R 内部的**system 函数**把命令传至外部程序实现对接口的调用，因此具体功能实现都依赖外部程序，在使用前要先安装相应的 GIS 软件；由于这些软件本身具有完整的 GIS 功能，所以除了可以读写外部文件之外，这些包还具有丰富的 GIS 数据管理和分析功能
- **sf**: 近几年 CRAN 发布的简单空间要素包，相比 sp 包，sf 对 OGC 简单要素标准的支持更完整，定义了全部 17 种简单要素，甚至包括三维对象和线性参考对象；sf 包依赖 GDAL 库提供对矢量数据文件的交換功能
- **RgoogleMaps,OpenStreetMap,ggmap,baidumap**: 这些包通过互联网地图 API 实现了对地图数据的调用
- Roger Bivand 目前维护着空间数据相关包信息的整理工作，CRAN 上有[专门的文章](#)会定期更新这些信息



基础绘图方法

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局
控制

绘制地图元素

绘图交互

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

38

- R 的两套绘图系统都提供对基础绘图要素的绘制功能，包括点、线、面、栅格和颜色等，而通过 sp 包可以将空间数据转换为这些绘图要素能够识别的底层对象，因此**空间数据绘图要素和普通数据绘图要素并没有本质区别**
- 在基础绘图系统 graphics 包和 grid 绘图系统 lattice 包基础上，sp 包针对空间数据对象的特点重载了两个包的主要绘图函数，并充分考虑了空间可视化的特点，添加了诸如指北针、比例尺等专业地图要素的绘制，**使得空间数据可视化在方法尽量与普通数据绘图一致的基础上又体现出专业性**，这样用户可以把更多的精力放在处理和分析空间数据上，而不需要再专门花时间学习一套新的绘图系统



基础绘图方法

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局
控制

绘制地图元素

绘图交互

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

38

- R 的两套绘图系统都提供对基础绘图要素的绘制功能，包括点、线、面、栅格和颜色等，而通过 sp 包可以将空间数据转换为这些绘图要素能够识别的底层对象，因此**空间数据绘图要素和普通数据绘图要素并没有本质区别**
- 在基础绘图系统 graphics 包和 grid 绘图系统 lattice 包基础上，sp 包针对空间数据对象的特点重载了两个包的主要绘图函数，并充分考虑了空间可视化的特点，添加了诸如指北针、比例尺等专业地图要素的绘制，**使得空间数据可视化在方法尽量与普通数据绘图一致的基础上又体现出专业性**，这样用户可以把更多的精力放在处理和分析空间数据上，而不需要再专门花时间学习一套新的绘图系统



基础绘图方法

绘制空间对象

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局
控制

绘制地图元素

绘图交互

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

39

- sp 包重载了 graphics 包的绘图泛型函数 plot 和 image，因此用 sp 包绘制空间数据的函数名称也是 plot 和 image，分别用于绘制矢量数据和栅格数据
- 设置 add=TRUE 参数不刷新绘图设备，而是叠加当前绘图对象

```
1 # 查看 sp 包重载泛型函数 plot 的方法，每种空间数据类都有相应的 plot 函数用于绘制；而且这些重载方法都是
2   ↪ S4 类方法
3 > attr(methods(plot), "info")
4                                         visible  from generic  isS4
5 plot,SpatialGridDataFrame,missing-method    TRUE    sp  plot    TRUE
6 plot,SpatialGrid,missing-method             TRUE    sp  plot    TRUE
7 plot,SpatialLines,missing-method            TRUE    sp  plot    TRUE
8 plot,Spatial,missing-method                TRUE    sp  plot    TRUE
9 plot,SpatialMultiPoints,missing-method     TRUE    sp  plot    TRUE
10 plot,SpatialPixelsDataFrame,missing-method TRUE    sp  plot    TRUE
11 plot,SpatialPixels,missing-method          TRUE    sp  plot    TRUE
12 plot,SpatialPoints,missing-method          TRUE    sp  plot    TRUE
13 plot,SpatialPolygons,missing-method        TRUE    sp  plot    TRUE
14
15 # 查看 image 重载的方法，每种栅格数据类都有相应的 image 函数用于绘制；和 plot 不同，image 的重载方法是 S3
16   ↪ 美方法
17 > attr(methods(image), "info")
18                                         visible
19                                         from generic  isS4
20 image,ANY-method                      TRUE    graphics  image  TRUE
21 image.default                         TRUE    graphics  image  FALSE
22 image,RasterLayer-method              TRUE    raster    image  TRUE
23 image,RasterStackBrick-method         TRUE    raster    image  TRUE
24 image.SpatialGridDataFrame           FALSE registered S3method for image  image  FALSE
25 image.SpatialPixels                 FALSE registered S3method for image  image  FALSE
26 image.SpatialPixelsDataFrame        FALSE registered S3method for image  image  FALSE
```



基础绘图方法

绘制空间对象

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局
控制

绘制地图元素

绘图交互

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

39

- sp 包重载了 graphics 包的绘图泛型函数 plot 和 image，因此用 sp 包绘制空间数据的函数名称也是 plot 和 image，分别用于绘制矢量数据和栅格数据
- 设置 add=TRUE 参数不刷新绘图设备，而是叠加当前绘图对象

```
1 > data(meuse); coordinates(meuse) <- c("x", "y") # 创建空间点对象
2 > plot(meuse); title("points") # 绘制空间点对象
3 > cc <- coordinates(meuse);
4 > m.sl <- SpatialLines(list(Lines(list(Line(cc)), "line1"))); # 创建空间线对象
5 > plot(m.sl); title("lines") # 绘制空间线对象
6 > data(meuse.riv); meuse.lst <- list(Polygons(list(Polygon(meuse.riv)), "meuse.riv"))
7 > meuse.pol <- SpatialPolygons(meuse.lst) # 创建空间面对象
8 > plot(meuse.pol, col = "grey"); title("polygons") # 绘制空间面对象
9 > data(meuse.grid); coordinates(meuse.grid) <- c("x", "y")
10 > meuse.grid <- as(meuse.grid, "SpatialPixels") # 创建空间网格对象
11 > image(meuse.grid, col = "grey"); title("grid") # 绘制空间网格对象
```

points



lines



polygons



grid





基础绘图方法

绘制空间对象

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局

控制

绘制地图元素

绘图文互

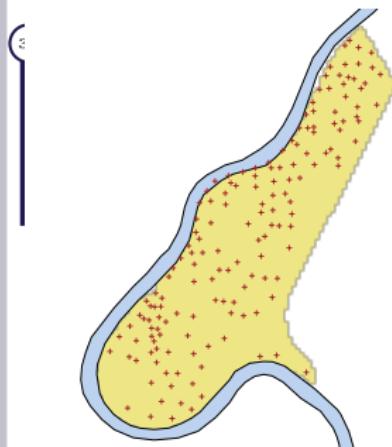
基于 lattice 的绘

图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- sp 包重载了 graphics 包的绘图泛型函数 plot 和 image，因此用 sp 包绘制空间数据的函数名称也是 **plot** 和 **image**，分别用于绘制矢量数据和栅格数据
- 设置 **add=TRUE** 参数不刷新绘图设备，而是叠加当前绘图对象



```
1 # 创建一个绘图对象用于绘制空间网格对象
2 > image(meuse.grid, col = "khaki2")
3 # 在已有绘图对象上叠加空间面对象
4 > plot(meuse.pol, col = "lightsteelblue2", add = TRUE)
5 # 在已有绘图对象上叠加空间点对象
6 > plot(meuse, col = "brown", cex = .5, add = TRUE)
```



基础绘图方法

绘制坐标轴和布局控制

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局
控制

绘制地图元素

绘图交互

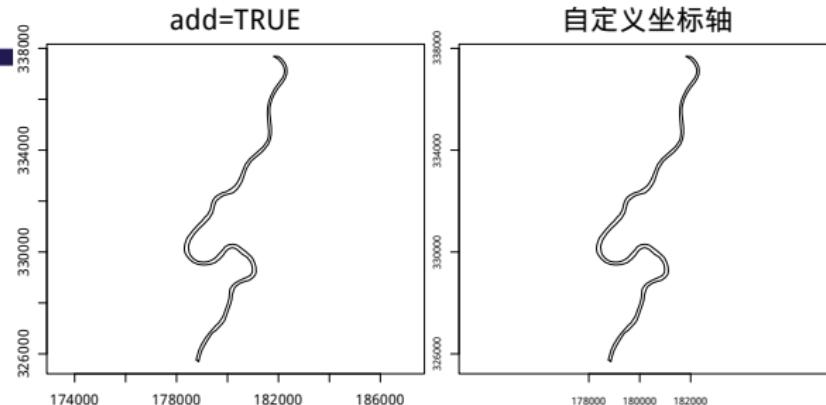
基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- 地图制图习惯不添加坐标轴，但是在为了空间数据能够更易于阅读和统计分析，plot 函数可以设置参数 axes=TRUE 绘制默认坐标轴，坐标取值范围即 bbox 值
- 基础绘图系统 par 函数的参数也同样可以控制空间对象绘图

40

```
1 # axes=TRUE 绘制默认坐标轴
2 > plot(meuse.pol, axes = TRUE)
3 > title("add=TRUE", cex.main=2)
4 > plot(meuse.pol, axes = FALSE)
5 # axes=FALSE, 可以用 axis 函数设置自定义坐标轴, 包括刻度取值、刻度位置和字体大小等
6 > axis(1, at = c(178000 + 0:2 * 2000), cex.axis = .7) # 设置 x 轴
7 > axis(2, at = c(326000 + 0:3 * 4000), cex.axis = .7) # 设置 y 轴
8 > title("自定义坐标轴",cex.main=2); box()
```



基础绘图方法

绘制坐标轴和布局控制

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局

控制

绘制地图元素

绘图交互

基于 lattice 的绘

图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- 地图制图习惯不添加坐标轴，但是在为了空间数据能够更易于阅读和统计分析，plot 函数可以设置参数 axes=TRUE 绘制默认坐标轴，坐标取值范围即 bbox 值
- 基础绘图系统 par 函数的参数也同样可以控制空间对象绘图

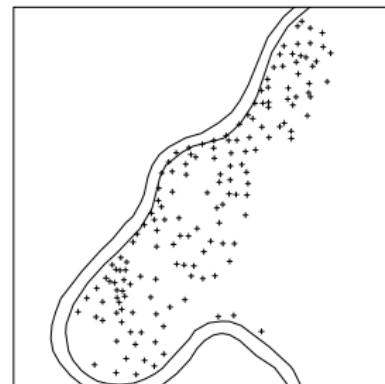
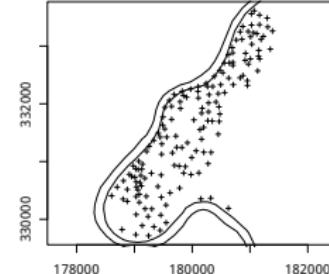
40

```

1 > oldpar = par(no.readonly = TRUE) # 保存 par 的默认参数
2 > layout(matrix(c(1,2),1,2))
3 > plot(meuse, axes = TRUE, cex = 0.6)
4 > plot(meuse.pol, add = TRUE)
5 > title("示例位置",cex.main=2)
6 # 用 par 函数 mar 参数控制绘图边框
7 > par(mar=c(0,0,0,0)+1)
8 > plot(meuse, axes = FALSE, cex = 0.6)
9 > plot(meuse.pol, add = TRUE); box()
10 > par(oldpar) # 绘图完成后恢复默认参数

```

示例位置



基础绘图方法

绘制地图元素

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局
控制

绘制地图元素

绘图交互

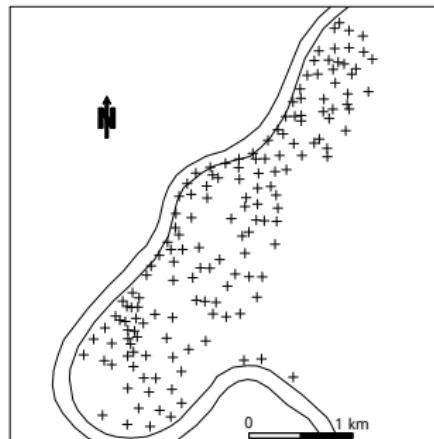
基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- **SpatialPolygonsRescale** 函数用于绘制指北针和比例尺
- **degAxis** 函数用于显示带 N/S/E/W 标记的十进制度坐标刻度
- **gridlines** 函数用于绘制辅助网格线

```
1 > plot(meuse); plot(meuse.pol, add=TRUE); box()  
2 # 绘制比例尺: offset 参数设置比例尺位置, scale 设置比例尺尺度, fill 设置填充颜色  
3 > SpatialPolygonsRescale(layout.scale.bar(), offset = c(180200, 329600), scale = 1000, fill =  
4   ↪ c("transparent", "black"), plot.grid = FALSE)  
5 > text(x = c(180200, 181200), y = rep(329750, 2), c("0", "1 km")) # 比例尺显示文字  
6 # 绘制指北针  
7 > SpatialPolygonsRescale(layout.north.arrow(), offset=c(178750, 332500), scale = 400, plot.grid =  
8   ↪ FALSE)
```

41





基础绘图方法

绘制地图元素

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局
控制

绘制地图元素

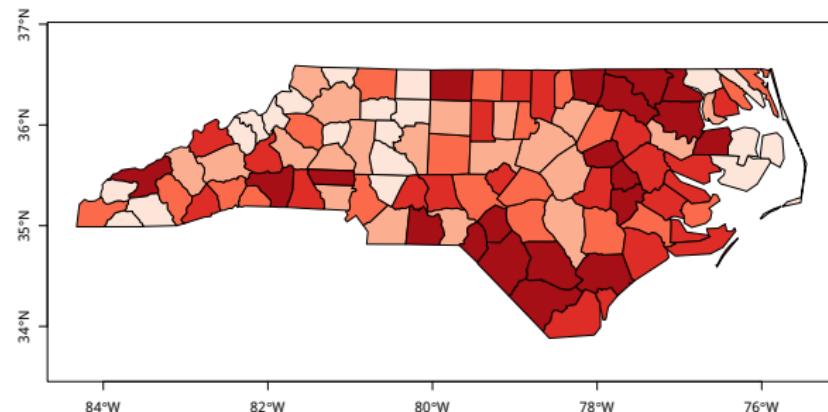
绘图交互

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- `SpatialPolygonsRescale` 函数用于绘制指北针和比例尺
- `degAxis` 函数用于显示带 N/S/E/W 标记的十进制度坐标刻度
- `gridlines` 函数用于绘制辅助网格线

```
1 # 读取外部矢量地图数据
2 > nc <- readOGR(dsn=system.file("shapes", package="maptools"), layer="sids")
3 > proj4string(nc) <- CRS("+proj=longlat +datum=NAD27")
4 > rrt <- nc$SID74/nc$BIR74
5 > brks <- quantile(rrt, seq(0,1,1/5))
6 > library(RColorBrewer)
7 > cols <- brewer.pal(5, "Reds")
8 > plot(nc, col=cols[findInterval(rrt, brks, all.inside=TRUE)]), axes = FALSE); box()
9 > degAxis(1) # 设置 x 轴
10 > degAxis(2, at=34:37) # 设置 y 轴
```





基础绘图方法

绘制地图元素

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局
控制

绘制地图元素

绘图交互

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- `SpatialPolygonsRescale` 函数用于绘制指北针和比例尺
- `degAxis` 函数用于显示带 N/S/E/W 标记的十进制度坐标刻度
- `gridlines` 函数用于绘制辅助网格线

```
1 # 绘制世界地图和辅助网格线
2 > wrld <- map("world", interior=FALSE, xlim=c(-179,179),
3 + ylim=c(-89,89), plot=FALSE)
4 > wrld_p <- pruneMap(wrld, xlim=c(-179,179))
5 > llCRS <- CRS("+proj=longlat +ellps=WGS84")
6 > wrld_sp <- map2SpatialLines(wrld_p, proj4string=llCRS)
7 > prj_new <- CRS("+proj=moll +ellps=WGS84")
8 # 空间数据地图投影
9 > wrld_proj <- spTransform(wrld_sp, prj_new)
10 # 绘制 GCS 下的网格线: easts 和 norths 设置东西和南北向坐标取值, ndiscr 设置网格线离散点的数量
11 > wrld_grd <- gridlines(wrld_sp, easts=c(-179,seq(-150,150,50), 179.5),
12   ↪ norths=seq(-75,75,15), ndiscr=100)
13 # 网格线地图投影
14 > wrld_grd_proj <- spTransform(wrld_grd, prj_new)
15 # 显示 GCS 下网格线刻度文字: side 参数可以设置显示文字的侧面, 默认只在西侧和南侧显示文字
16 > at_sp <- gridat(wrld_sp, easts=0, norths=seq(-75,75,15), offset=0.3)
17 # 网格线刻度文字地图投影
18 > at_proj <- spTransform(at_sp, prj_new)
19 > plot(wrld_proj, col="grey60")
20 > plot(wrld_grd_proj, add=TRUE, lty=3, col="grey70")
21 # 使用投影计算后的位置显示文字
22 > text(coordinates(at_proj), pos=at_proj$pos,
23   ↪ offset=at_proj$offset, labels=parse(text=as.character(at_proj$labels)), cex=1)
```



基础绘图方法

绘制地图元素

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局
控制

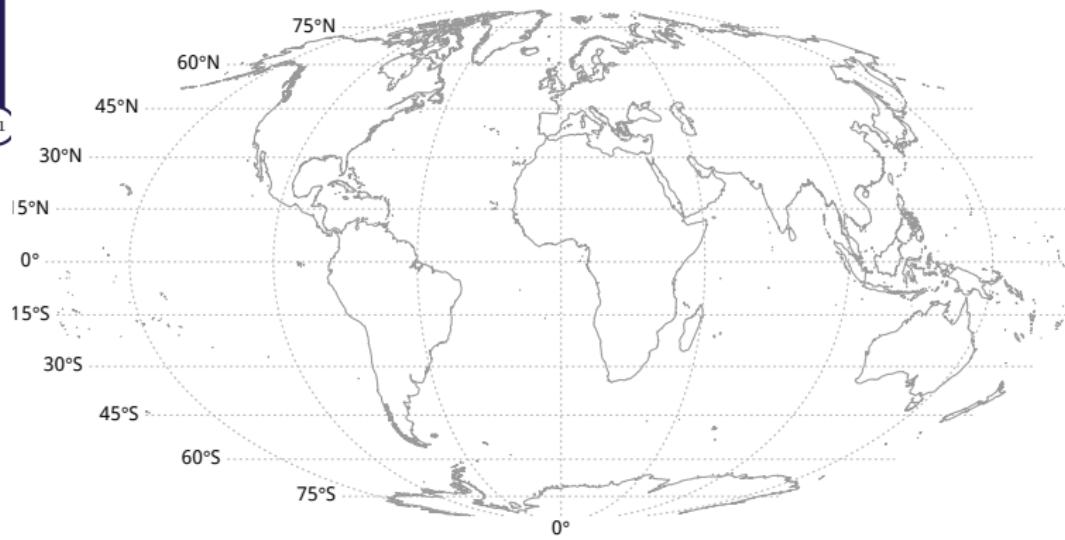
绘制地图元素

绘图交互

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

41



53



基础绘图方法

绘制地图元素

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局
控制

绘制地图元素

绘图交互

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

42

- 绘图函数的 `pch`、`lwd` 等参数用于绘制空间图形要素的颜色、样
式等属性，用法和对应的普通图形要素绘制类似
- `legend` 函数用于绘制地图图例

空间类	参数	含义	帮助
SpatialPointsDataFrame	<code>pch</code> <code>col</code> <code>bg</code> <code>cex</code>	样式 颜色 填充色 大小	?points
SpatialLinesDataFrame	<code>col</code> <code>lwd</code> <code>lty</code>	颜色 线宽 线型	?lines
SpatialPolygonsDataFrame	<code>border</code> <code>lty</code> <code>pbg</code> <code>density</code> <code>angle</code>	边框颜色 线类型 孔类型 填充线密度 填充线角度	?polygon
SpatialGridsDataFrame SpatialPixelsDataframe	<code>zlim</code> <code>col</code> <code>breaks</code>	属性值范围 颜色 分级断点	?image

表：基础绘图系统绘图函数中用于绘制空间图形要素的主要参数

基础绘图方法

绘制地图元素

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

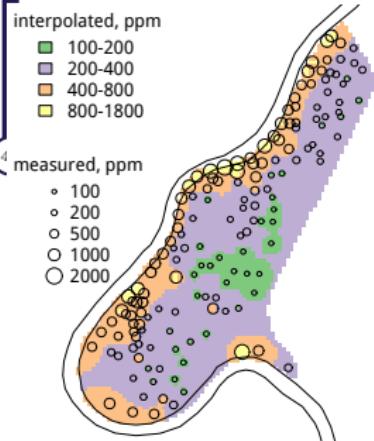
绘制坐标轴和布局
控制

绘制地图元素

绘图交互

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法



```

1 > library(RColorBrewer)
2 > cols <- brewer.pal(4, "Accent") # 分四个等级
3 # 设置空间图形要素
4 > image(zn.idw, col = cols,
5   <- breaks=log(c(100,200,400,800,1800)))
6 > plot(meuse.pol, add = TRUE)
7 > plot(meuse,pch=1,cex=sqrt(meuse$zinc)/20,add=TRUE)
8 # 绘制空间要素的图例
9 > legend("left", legend=c(100, 200, 500, 1000, 2000),
10   <- pch = 1, pt.cex = sqrt(legVals)/20, bty = "n",
11   <- title="measured, ppm", cex=1.2, y.inter=1)
12 > legend("topleft", fill = cols,
13   <- legend=c("100-200","200-400","400-800","800-1800"),
14   <- bty = "n", title = "interpolated, ppm",
15   <- cex=1.2, y.inter=1)

```



基础绘图方法

绘图交互

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局
控制

绘制地图元素

绘图交互

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

- 地图要素在绘图区域的定位可以在程序中设置绝对数值来完成，也可以用 R 的交互函数通过鼠标点击手动完成
- 相比 GIS 软件，R 的交互功能比较弱，只提供了两个交互函数 `locator` 和 `identify`，两者都会等待鼠标输入，单击左键开始，单击右键结束
- `locator` 函数返回单击的坐标位置，`identify` 函数在一个指定距离范围内绘制并返回离点击位置最近的标签值

43

53



基础绘图方法

绘图交互

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局

控制

绘制地图元素

绘图交互

基于 lattice 的绘

图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- 地图要素在绘图区域的定位可以在程序中设置绝对数值来完成，也可以用 R 的交互函数通过鼠标点击手动完成
- 相比 GIS 软件，R 的交互功能比较弱，只提供了两个交互函数 **locator** 和 **identify**，两者都会等待鼠标输入，单击左键开始，单击右键结束
- **locator** 函数返回单击的坐标位置，**identify** 函数在一个指定距离范围内绘制并返回离点击位置最近的标签值

```
1 > plot(meuse, axes=FALSE)
2 > plot(meuse.pol, add=TRUE)
3 > box()
4 # 通过鼠标点击来定位比例尺、指北针以及说明文字的位置；相对绝对数值，这种定位方式不够精准，但是比较直观
5 > SpatialPolygonsRescale(layout.scale.bar(), offset = locator(1), scale = 1000,
   ←   fill=c("transparent", "black"), plot.grid = FALSE)
6 > text(locator(1), "0")
7 > text(locator(1), "1 km")
8 > SpatialPolygonsRescale(layout.north.arrow(), offset = locator(1), scale = 400, plot.grid = FALSE)
```

43



基于 lattice 的绘图方法

spplot 函数

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

spplot 函数

添加布局项

panel 排列布局

基于 ggplot2 的
绘图方法

- sp 包基于 Spatial 类封装了 lattice 包的绘图函数，实现在 grid 绘图系统中绘制空间数据，对应的绘图函数是 **spplot** 函数
- spplot 的返回值是 trellis 对象，**大部分参数和 xyplot 函数通用**
- spplot 函数通过接收 GIS 属性数据实现便捷的绘图方式，每个 panel 绘制一个属性，多个属性则自动生成多个 panel

44

53



基于 lattice 的绘图方法

spplot 函数

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

spplot 函数

44

- sp 包基于 Spatial 类封装了 lattice 包的绘图函数，实现在 grid 绘图系统中绘制空间数据，对应的绘图函数是 **spplot** 函数
- spplot 的返回值是 trellis 对象，大部分参数和 xyplot 函数通用
- spplot 函数通过接收 GIS 属性数据实现便捷的绘图方式，每个 panel 绘制一个属性，多个属性则自动生成多个 panel

```
1 # 为 meuse 数据集挂载四个属性
2 > data(meuse)
3 > coordinates(meuse) <- ~x+y
4 > meuse$lead.st = as.vector(scale(meuse$lead))
5 > meuse$zinc.st = as.vector(scale(meuse$zinc))
6 > meuse$copper.st = as.vector(scale(meuse$copper))
7 > meuse$cadmium.st = as.vector(scale(meuse$cadmium))
8 # 设置指北针和比例尺
9 > l2 = list("SpatialPolygonsRescale", layout.north.arrow(), offset = c(178750,332500), scale = 400)
10 > l3 = list("SpatialPolygonsRescale", layout.scale.bar(), offset = c(180500,329800), scale = 500,
11   ↪   fill=c("transparent","black"))
12 > l4 = list("sp.text", c(180500,329900), "0")
13 > l5 = list("sp.text", c(181000,329900), "500 m")
14 # 定义分段断点
15 > cuts=c(-1.2,0,1,2,3,5)
16 # 设置颜色等级
17 > grys <- brewer.pal(7, "Reds")
18 # spplot 函数绘制 meuse 数据集的四个属性：第一个参数是空间数据集，第二个参数是需要绘制的属性,sp.layout
19   ↪   参数设置地图要素,col.regions 参数设置颜色等级，其他参数和 xyplot 函数通用
20 > spplot(meuse, c("cadmium.st", "copper.st", "lead.st", "zinc.st"),
21   ↪   sp.layout=list(l2,l3,l4,l5), layout=c(2,2),
22   ↪   key.space="right", main=list("标准差",),
23   ↪   par.strip.text=list(cex=2), aspect=1,
24   ↪   cuts = cuts,col.regions=grys)
```



基于 lattice 的绘图方法

spplot 函数

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

spplot 函数

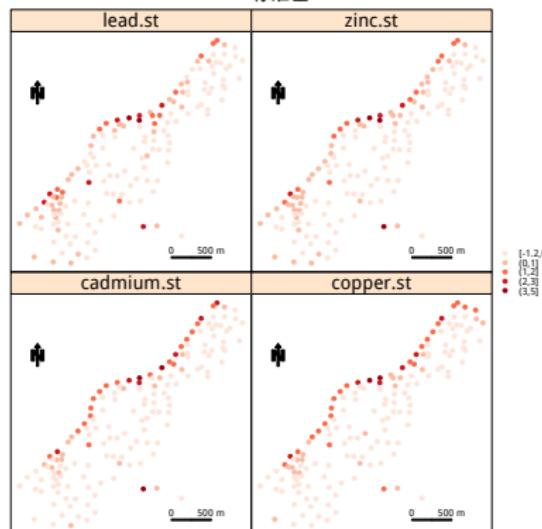
添加布局项

panel 排列布局

基于 ggplot2 的
绘图方法

- sp 包基于 Spatial 类封装了 lattice 包的绘图函数，实现在 grid 绘图系统中绘制空间数据，对应的绘图函数是 **spplot** 函数
- spplot 的返回值是 trellis 对象，**大部分参数和 xyplot 函数通用**
- spplot 函数通过**接收 GIS 属性数据**实现便捷的绘图方式，每个 panel 绘制一个属性，多个属性则自动生成多个 panel

标准差





基于 lattice 的绘图方法

添加布局项

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

spplot 函数

添加布局项

panel 排列布局

基于 ggplot2 的
绘图方法

45

- **sp.layout**参数用来添加点、线、面、文本等基本绘图要素以及地图要素，这个参数接收一个由布局项构成的 list 对象，其中布局项本身也是一个 list 对象且第一个参数是函数名称

sp 布局函数	类型	主要参数
sp.points	SpatialPoints	pch,cex,col
sp.polygons	SpatialPolygons	lty,lwd,col
sp.lines	SpatialLines	lty,lwd,col
sp.text	text	col,cex,srt

表: sp 包的布局函数，其作为 list 对象的一部分被 sp.layout 参数接收，函数参数与 par 相同，可以用?par 查看相关参数说明



基于 lattice 的绘图方法

添加布局项

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

spplot 函数

添加布局项

panel 排列布局

基于 ggplot2 的
绘图方法

- **sp.layout** 参数用来添加点、线、面、文本等基本绘图要素以及地图要素，这个参数接收一个由布局项构成的 list 对象，其中布局项本身也是一个 list 对象且第一个参数是函数名称

```
1 # 布局函数 list 对象按类型组成需要添加的绘图要素，这与基本绘图系统是类似的，但是实现上更为优雅
2 > river <- list("sp.polygons", meuse.pol)
3 # 这里除了基本绘图要素外，还可以添加地图要素
4 > north <- list("SpatialPolygonsRescale", layout.north.arrow(), offset = c(178750,332500), scale =
   ↪ 400)
5 > scale <- list("SpatialPolygonsRescale", layout.scale.bar(), offset = c(180200, 329800), scale =
   ↪ 1000, fill=c("transparent","black"))
6 > txt1 <- list("sp.text", c(180200, 329950), "0")
7 > txt2 <- list("sp.text", c(181200, 329950), "1 km")
8 > pts <- list("sp.points", meuse, pch = 3, col = "black")
9 # 最后所有布局项组成一个 list 对象传入 sp.layout 参数，并用于最终的绘图
10 > meuse.layout <- list(river, north, scale, txt1, txt2, pts)
11 > grys <- brewer.pal(7, "Reds")
12 > spplot(zn["log"], sp.layout = meuse.layout, cuts=5, col.regions=grys)
```

45



基于 lattice 的绘图方法

添加布局项

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

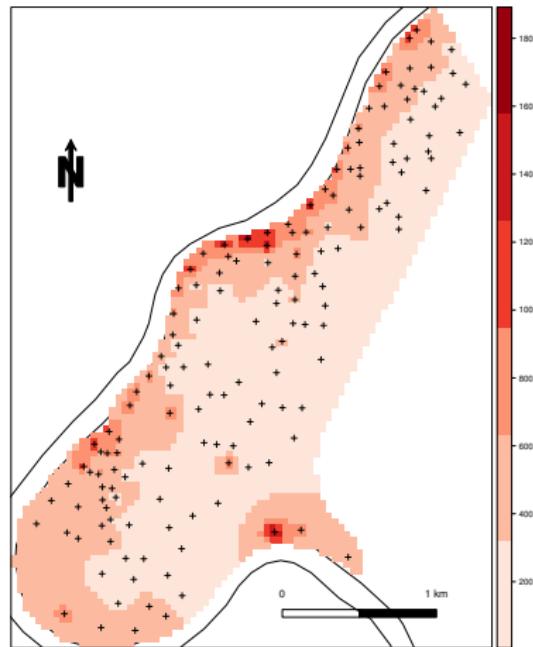
spplot 函数

添加布局项

panel 排列布局

基于 ggplot2 的
绘图方法

- `sp.layout` 参数用来添加点、线、面、文本等基本绘图要素以及地图要素，这个参数接收一个由布局项构成的 list 对象，其中布局项本身也是一个 list 对象且第一个参数是函数名称





基于 lattice 的绘图方法

panel 排列布局

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

spplot 函数

添加布局项

panel 排列布局

基于 ggplot2 的
绘图方法

- 相比 plot 函数，spplot 函数最大的优势是可以 **在同一绘图区
域不同 panel 对多个属性绘图**，从而实现分析结果的比较
- panel 的排列布局通过**layout**和**skip**参数实现；**layout**设置 panel
排列的行列数，**skip**则设置需要留白的 panel

基于 lattice 的绘图方法

panel 排列布局

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

spplot 函数

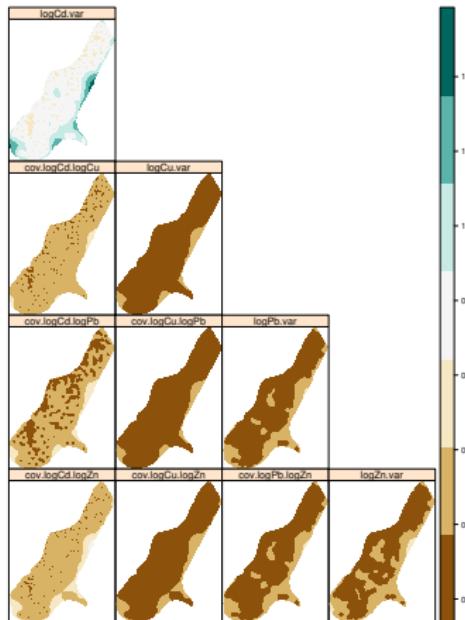
添加布局项

panel 排列布局

基于 ggplot2 的
绘图方法

53

- 相比 plot 函数，spplot 函数最大的优势是可以 在同一绘图区
域不同 panel 对多个属性绘图，从而实现分析结果的比较
- panel 的排列布局通过 layout 和 skip 参数实现；layout 设置 panel
排列的行列数，skip 则设置需要留白的 panel



图：协克里金方差矩阵的统计图
形展示，参数为 layout=c(4,4),
skip=c(F,T,T,T,F,F,T,T,F,
F,F,T,T,T,T,T)



基于 ggplot2 的绘图方法

绘制矢量空间数据

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

- sp 包没有重新编写基于 ggplot2 包的绘图函数，但是空间点对象可以直接转换为 data.frame，线和面则利用 ggplot2 包的 **fortify** 函数转换为 data.frame，然后再用绘图函数绘图
- 利用 ggplot2 的 **分面函数** 在同一图幅中展示数据的不同类别

```
1 # ggplot2 包提供 fortify 函数将线和面空间对象转换为 data.frame
2 > methods(fortify)
3 [1] fortify.cid*
4 [3] fortify.data.frame*
5 [5] fortify.function*
6 [7] fortify.Line*
7 [9] fortify.lm*
8 [11] fortify.NULL*
9 [13] fortify.Polygons*
10 [15] fortify.SpatialPolygons*
11 [17] fortify.summary.glht*
12 see '?methods' for accessing help and source code
```

47



基于 ggplot2 的绘图方法

绘制矢量空间数据

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

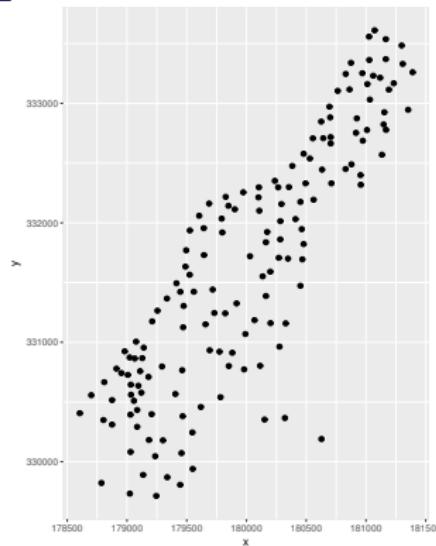
绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

- sp 包没有重新编写基于 ggplot2 包的绘图函数，但是空间点对象可以直接转换为 data.frame，线和面则利用 ggplot2 包的 **fortify** 函数转换为 data.frame，然后再用绘图函数绘图
- 利用 ggplot2 的 **分面函数** 在同一图幅中展示数据的不同类别



```
1 > data(meuse)
2 > coordinates(meuse) <- ~x+y
3 # 将空间点对象转换为 data.frame 对象
4 > m <- fortify(meuse, "data.frame")
5 # 用 ggplot 函数绘图
6 > ggplot(m, aes(x, y))+geom_point()+coord_equal()
```



基于 ggplot2 的绘图方法

绘制矢量空间数据

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的
绘图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

- sp 包没有重新编写基于 ggplot2 包的绘图函数，但是空间点对象可以直接转换为 data.frame，线和面则利用 ggplot2 包的 **fortify** 函数转换为 data.frame，然后再用绘图函数绘图
- 利用 ggplot2 的 **分面函数** 在同一图幅中展示数据的不同类别

```
1 # 读取一个面状 shp 图层, 属性数据包括四个字段
2 > sport <- readOGR(dsn = "./data/", "london_sport")
3 > str(sport,max.level=2)
4 Formal class 'SpatialPolygonsDataFrame' [package "sp"] with 5 slots
5   ..@ data       :'data.frame': 33 obs. of  4 variables:
6   ..@ polygons    :List of 33
7   ..@ plotOrder   : int [1:33] 1 3 4 19 10 25 28 2 7 27 ...
8   ..@ bbox        : num [1:2, 1:2] 503571 155851 561941 200932
9   ..@ attr(*, "dimnames")=List of 2
10  ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
11 > str(sport@data,max.level=2)
12 'data.frame': 33 obs. of 4 variables:
13 $ ons_label : Factor w/ 33 levels "00AA","OOAB",...: 6 27 17 16 21 29 18 24 32 8 ...
14 $ name      : Factor w/ 33 levels "Barking and Dagenham",...: 5 27 17 16 21 29 18 24 32 8 ...
15 $ Partic_Per: num 21.7 26.6 21.5 17.9 24.4 19.3 16.9 20.7 26 17.6 ...
16 $ Pop_2001  : Factor w/ 33 levels "147271","158921",...: 29 5 21 19 1 7 14 9 25 32 ...
17
18 # fortify 函数将空间面对象转换为 data.frame
19 > sport.f <- fortify(sport, region = "ons_label")
20 > sport.f <- merge(sport.f, sport@data, by.x = "id", by.y = "ons_label") # 挂载属性信息
21 > Map <- ggplot(sport.f, aes(long, lat, group = group, fill = Partic_Per)) + geom_polygon() +
22   ↪ geom_path(colour="white",lwd=0.3) + coord_equal() + labs(x = "Easting (m)", y = "Northing
23   ↪ (m)", fill = "% Sport Partic.") + ggtitle("London Sports Participation")
24 > Map + scale_fill_gradient(low = "green", high = "red")
```



基于 ggplot2 的绘图方法

绘制矢量空间数据

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

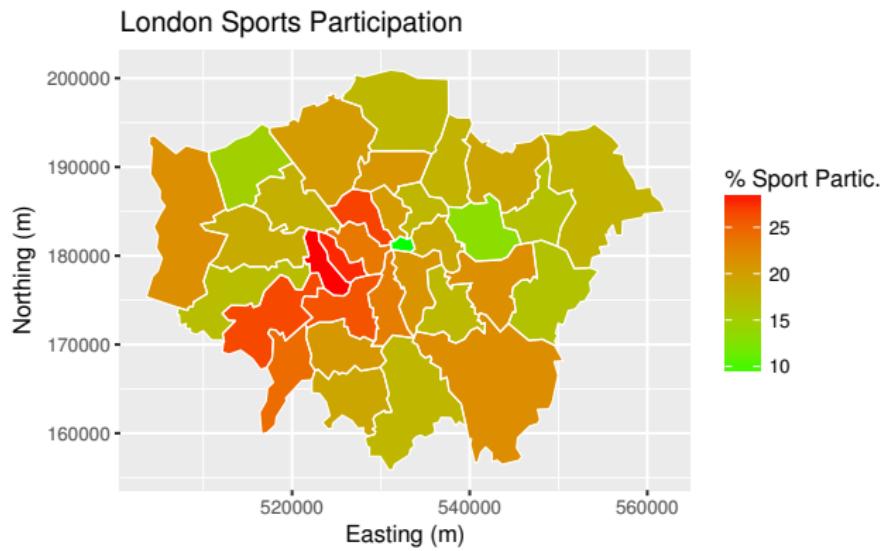
绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

- sp 包没有重新编写基于 ggplot2 包的绘图函数，但是空间点对象可以直接转换为 data.frame，线和面则利用 ggplot2 包的 **fortify** 函数转换为 data.frame，然后再用绘图函数绘图
- 利用 ggplot2 的 **分面函数** 在同一图幅中展示数据的不同类别





基于 ggplot2 的绘图方法

绘制矢量空间数据

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

- sp 包没有重新编写基于 ggplot2 包的绘图函数，但是空间点对象可以直接转换为 data.frame，线和面则利用 ggplot2 包的 **fortify** 函数转换为 data.frame，然后再用绘图函数绘图
- 利用 ggplot2 的 **分面函数** 在同一图幅中展示数据的不同类别

```
1 > library(reshape2)
2 # 读取伦敦市各行政区历年人口数据
3 > london.data <- read.csv("data/census-historic-population-borough.csv")
4 # 将人口数据全部融合到 data.frame 的一列 variable
5 > london.data.melt <- melt(london.data, id = c("Area.Code", "Area.Name"))
6 > plot.data <- merge(sport.f, london.data.melt, by.x = "id", by.y = "Area.Code")
7 # 用分面函数 facet_wrapvariable
8 > ggplot(data = plot.data, aes(x = long, y = lat, fill = value, group = group)) +
9     geom_polygon() +
10    geom_path(colour = "white", lwd = 0.3) +
11    coord_equal() +
12    facet_wrap(~variable)
```

47



基于 ggplot2 的绘图方法

绘制矢量空间数据

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

绘制矢量空间数据

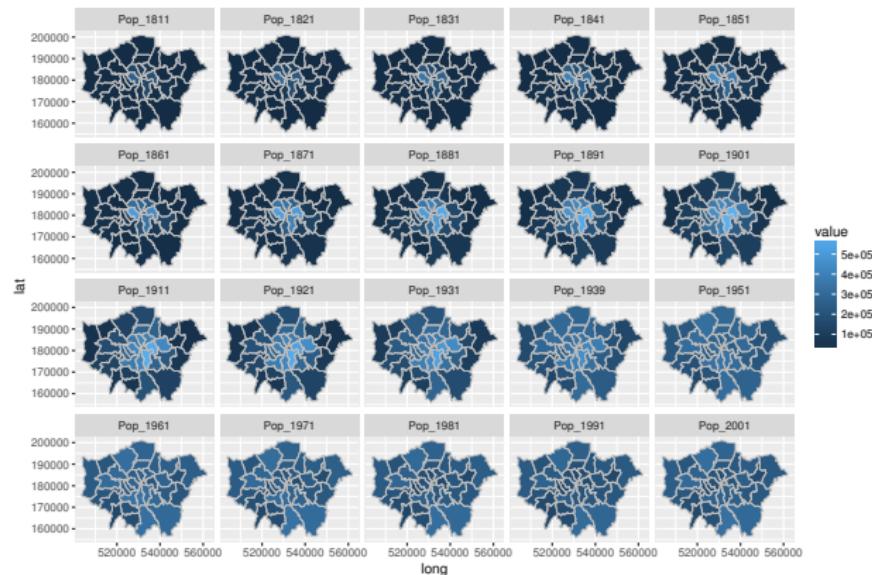
绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

47

- sp 包没有重新编写基于 ggplot2 包的绘图函数，但是空间点对象可以直接转换为 data.frame，线和面则利用 ggplot2 包的 **fortify** 函数转换为 data.frame，然后再用绘图函数绘图
- 利用 ggplot2 的 **分面函数** 在同一图幅中展示数据的不同类别



53



基于 ggplot2 的绘图方法

绘制矢量空间数据

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

48

- 除了间接转换的方法，ggplot2 包在正在开发的新版本中提供了 `geom_sf` 函数可以直接绘制从 sf 包读取的空间数据对象

基于 ggplot2 的绘图方法

绘制矢量空间数据

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

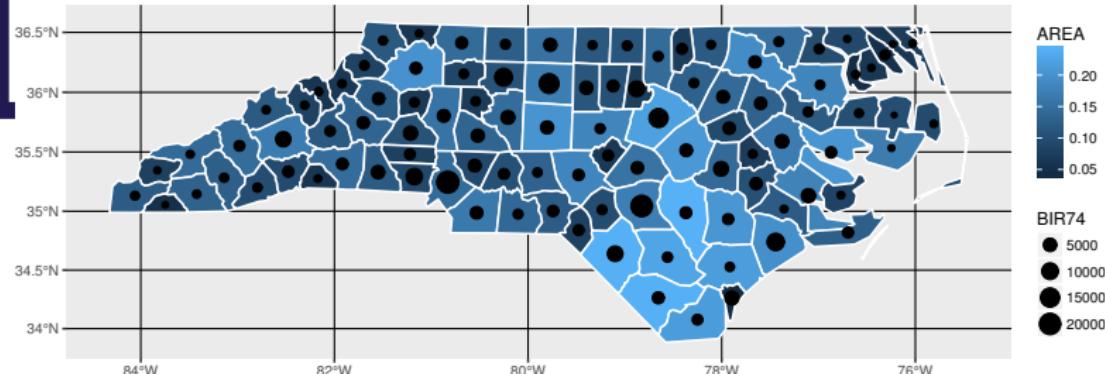
- 除了间接转换的方法，ggplot2 包在正在开发的新版本中提供了 `geom_sf` 函数可以直接绘制从 sf 包读取的空间数据对象

```

1 # 因为 geom_sf 从 install_github
2 > \colorbox{green}{devtools::install_github("tidyverse/ggplot2")}
3 > require(ggplot2) # 重新加载开发版的 ggplot2
4 # 用 sf 包读取空间矢量数据
5 > nc <- sf::st_read(system.file("shape/nc.shp", package = "sf"), quiet = TRUE)
6 > nc_3857 <- sf::st_transform(nc, "+init=epsg:3857") # 坐标系转换
7 > nc_3857$mid <- sf::st_centroid(nc_3857$geometry) # 抽取面状要素的中心点
8 # 先绘制面层, 再绘制点层
9 > ggplot(nc_3857) +
10 +   geom_sf(aes(fill = AREA), colour = "white", lwd = 0.5) +
11 +   geom_sf(aes(geometry = mid, size = BIR74), show.legend = "point")

```

48



基于 ggplot2 的绘图方法

绘制栅格空间数据

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

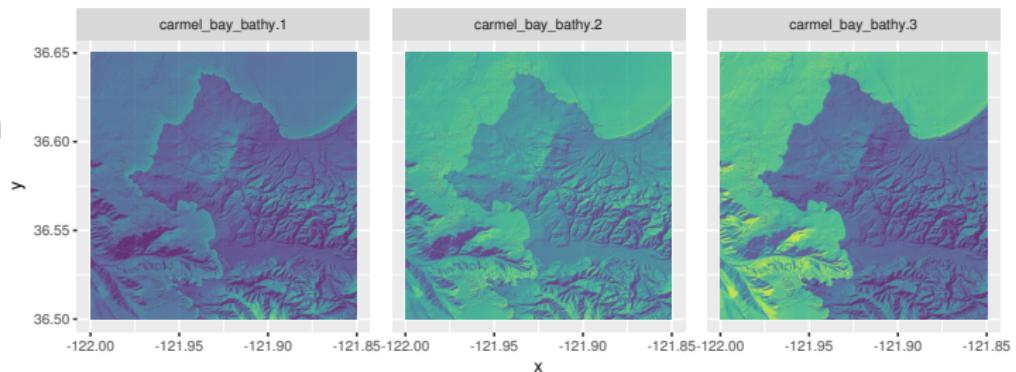
叠加瓦片地图图层

- 栅格空间数据可以用 ggplot2 包的 `geom_raster` 或 `geom_tile` 函数直接绘制；建议在栅格数据较大时采用 `geom_raster` 函数

```

1 > library(viridis) # 这个包可以让输出的地图配色更专业
2 > library(raster); library(reshape2)
3 # 从外部文件读取栅格数据，包括三个波段
4 > carmel_bay <- brick("data/carmel_bay_bathy.tif")
5 # 将 RasterBrick 对象转换成 data.frame
6 > bay_spdf <- as(carmel_bay, "SpatialPixelsDataFrame")
7 > bay_df <- as.data.frame(bay_spdf)
8 > bay_df <- melt(bay_df, id=c("x", "y")) # 将不同波段数据融合到 data.frame 的一列 variable
9 # geomtilegeom_raster,
10 > ggplot() +
11   + geom_raster(data=bay_df, aes(x=x, y=y, fill=value), alpha=0.8) +
12   + scale_fill_viridis() + coord_equal() + facet_wrap(~variable) +
13   + theme(panel.spacing = unit(0.2, "in"))
49

```



基于 ggplot2 的绘图方法

绘制栅格空间数据

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

绘制矢量空间数据

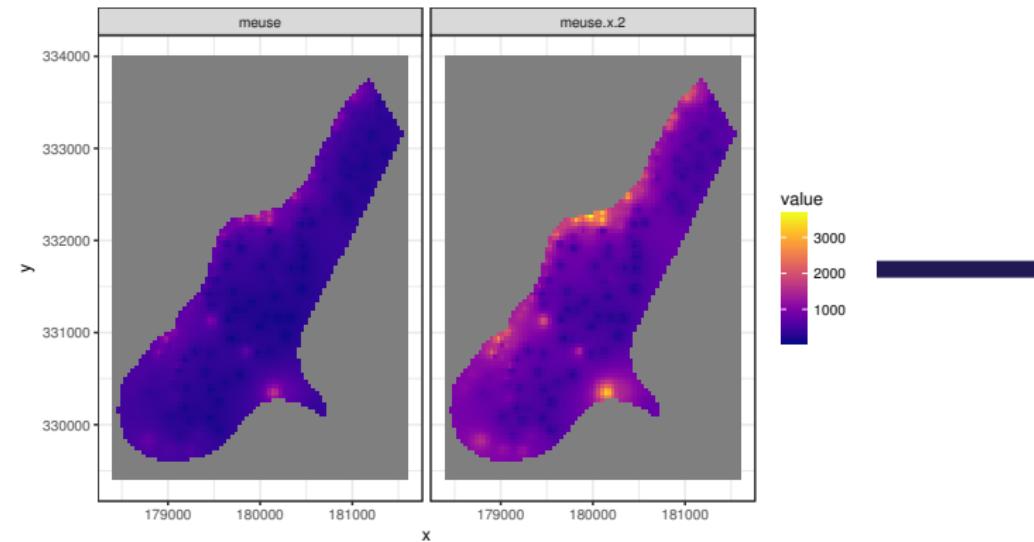
绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

- rasterVis 包提供了 `gplot` 函数可以直接对 raster 包的 Raster* 对象进行绘制，从而省去了数据转换的步骤

```
1 > library(rasterVis); library(raster); library(viridis)
2 > r <- raster(system.file("external/test.grd", package="raster"))
3 > s <- stack(r, r*2)
4 > names(s) <- c('meuse', 'meuse x 2')
5 > gplot(s) + geom_tile(aes(fill = value)) +
6 >   scale_fill_gradientn(colours = viridis(256, option = "C")) +
7 >   coord_equal() + facet_wrap(~ variable)
```





基于 ggplot2 的绘图方法

绘制地图要素

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

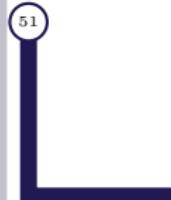
基于 ggplot2 的
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层



- ggsn 包提供 north 和 scalebar 函数扩展了 ggplot2 包指北针和比例尺地图要素的绘制功能

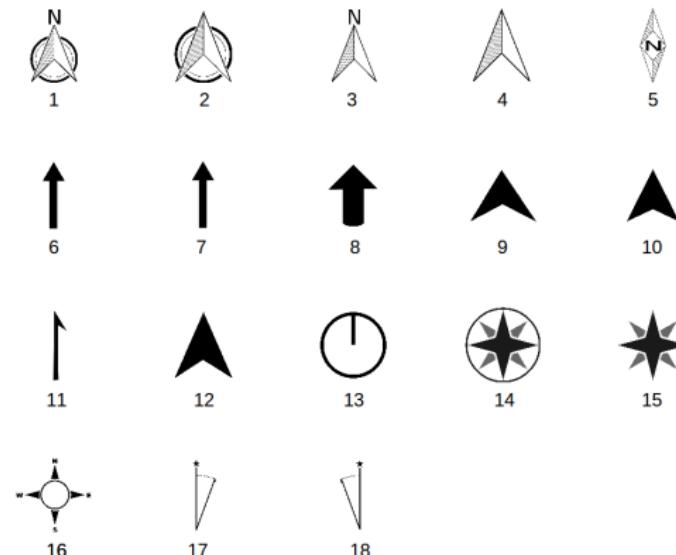


图: ggsn 提供的指北针样式及编号, 原样式来自 QGIS



基于 ggplot2 的绘图方法

绘制地图要素

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的
绘图方法

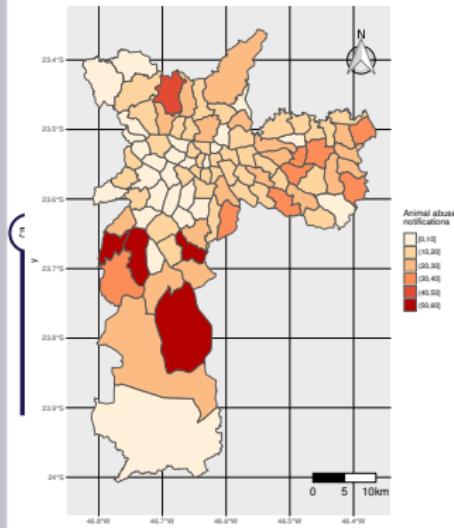
基于 ggplot2 的
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层



```
1 > library(ggsn);library(sf)
2 > dsn <- system.file('extdata', package = 'ggsn')
3 > map <- st_read(dsn, 'sp', quiet = TRUE)
4 > ggplot(map, aes(fill = nots)) + geom_sf() +
5 > +   scale_fill_brewer(name = 'Animal
6 >   ↪ abuse\ncnotifications', palette = 8) +
7 > +   north(map) + # 添加指北针
8 > +   # 在 GCS 下添加比例尺
9 > +   scalebar(map, dist = 5, dd2km = TRUE, model =
10 >   ↪ 'WGS84')
```

基于 ggplot2 的绘图方法

绘制地图要素

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的
绘图方法

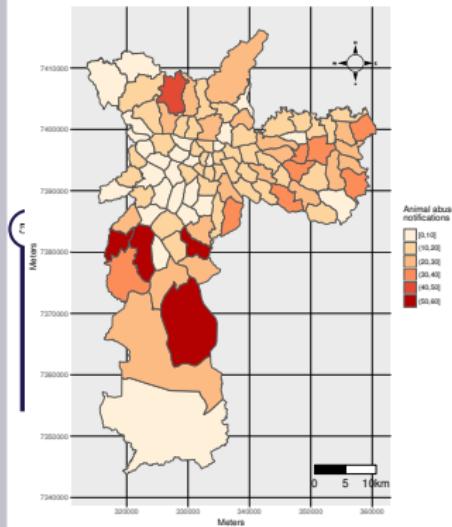
基于 ggplot2 的
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层



```

1 > # GCS 转换到 PCS
2 > map2 <- st_transform(map, 31983)
3 > ggplot(map2) +
4 +   geom_sf(aes(fill = nots)) +
5 +   north(map2, symbol = 16, scale = 0.15) +
6 +   scale_fill_brewer(name = 'Animal
    ↪   abuse\nc notifications', palette = 8) +
7 +   scalebar(map2, dist = 5, dd2km=FALSE) +
8 +   # 坐标轴按照 PCS 进行转换
9 +   coord_sf(datum = st_crs(31983)) +
10 +  xlab('Meters') +
11 +  ylab('Meters')
```



基于 ggplot2 的绘图方法

叠加瓦片地图图层

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

- **ggspatial** 包是近年来开发比较活跃的一个基于 ggplot2 的空间数据扩展包，其重写了所有 sp 对象的绘图函数，并且还提供叠加 OpenStreetMap (OSM) 瓦片地图的功能



基于 ggplot2 的绘图方法

叠加瓦片地图图层

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

- **ggspatial** 包是近年来开发比较活跃的一个基于 ggplot2 的空间数据扩展包，其重写了所有 sp 对象的绘图函数，并且还提供叠加 OpenStreetMap (OSM) 瓦片地图的功能



```
1 > library(ggspatial)
2 > data(longlake_waterdf)
3 > class(longlake_waterdf)
4 [1] "SpatialPolygonsDataFrame"
5 attr(,"package")
6 [1] "sp"
7 # ggspatial 函数直接绘制 sp 对象
8 # 其实是 ggplot() + geom_spatial() + coord_map() 的组合
9 > ggspatial(longlake_waterdf, fill = "lightblue")
10 Converting coordinates to lat/lon (epsg:4326)
```



基于 ggplot2 的绘图方法

叠加瓦片地图图层

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层



```
1 # ggosm 根据数据范围自动下载 osm 瓦片地图
2 # 其是 ggplot() + geom_osm() + coord_map() 的组合
3 > ggosm() +
4   + geom_spatial(longlake_waterdf, fill = "lightblue")
5 Converting coordinates to lat/lion (epsg:4326)
6 Zoom: 15
```



基于 ggplot2 的绘图方法

叠加瓦片地图图层

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘
图方法

基于 ggplot2 的
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

- **ggmap**是另一个常用的在 ggplot2 中叠加瓦片地图图层的包；而
且除了 osm 之外，还可以加载 Google Maps 和 Stamen Maps

53

基于 ggplot2 的绘图方法

叠加瓦片地图图层

现代统计图形及
在 R 中的实现

空间数据绘图系
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的
绘图方法

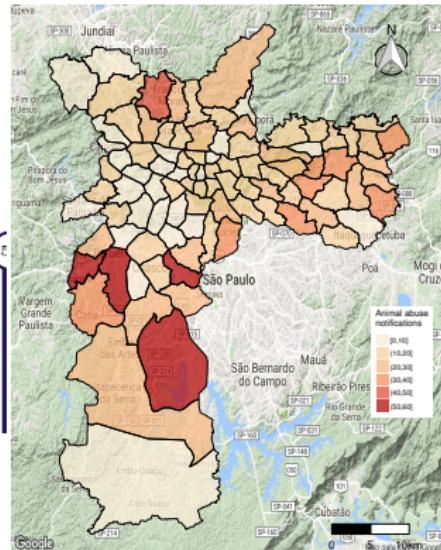
基于 ggplot2 的
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层



```

1 > library(ggmap)
2 > sp <- get_googlemap("圣保罗")
3 > bb <- c(st_bbox(map) * matrix(rep(c(1.001, 0.999), e
   ↪ = 2), ncol = 2))
4 > nms <- names(attr(sp, "bb"))
# 给瓦片地图设置 bbox
5 > attr(sp, "bb")[1, ] <- bb[c(2, 1, 4, 3)]
# ggmap 和 geom_sf 不兼容, 这里采用 sp 对象转换的方案
6 > map_sp <- readOGR(dsn, "sp")
7 > map_sp@data$id <- 0:(nrow(map_sp@data) - 1)
8 > map_sp <- merge(tidy(map_sp), map_sp, by = 'id')
9 # 如果要将 ggmap 获取的瓦片地图和 sf 包兼容,
10 # 可以使用 sf 包重写的 plot 函数,
11 # 其提供 bgMap 参数将 ggmap 对象作为底图叠加
12 > ggmap(sp) +
13   geom_polygon(data = map_sp, aes(long, lat, group =
   ↪ = group, fill = nots), alpha = .7) +
14   coord_equal() + blank() +
15   geom_path(data = map_sp, aes(long, lat, group =
   ↪ = group)) +
16   scalebar(map_sp, dist = 5, dd2km = T, model =
   ↪ = 'WGS84') +
17   north(map) +
18   scale_fill_brewer(name = 'Animal
   ↪ abuse\nnotifications', palette = 8) +
19   theme(legend.position = c(0.9, 0.35))
20
21

```

汇报完毕
谢谢！

